

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV STAVEBNÍ MECHANIKY

INSTITUTE OF STRUCTURAL MECHANICS

STATICKÁ ANALÝZA STŘEŠNÍ KONSTRUKCE

STATIC ANALYSIS OF THE ROOF STRUCTURE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Uherek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ZBYNĚK VLK, Ph.D.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav stavební mechaniky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jan Uherek
Název	Statická analýza střešní konstrukce
Vedoucí práce	Ing. Zbyněk Vlk, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2017
Datum odevzdání	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017

prof. Ing. Drahomír Novák, DrSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Norma : ČSN EN 1991-1 - Eurokód 1

Bittnar Z., Šejnoha J. - Numerické metody mechaniky 1,2

Kadlčák J., Kytýr J. : Statika stavebních konstrukcí I a II

Manuály k vybranému výpočetnímu systému

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Cílem práce je statická analýza střešní dřevěné konstrukce. Bude proveden prostorový výpočtový model vybrané konstrukce, použité zatížení bude odpovídat platným normám. Modelování konstrukce, statická analýza i předběžný posudek vybraných prvků konstrukce bude proveden ve vybraném programovém systému. Získané výsledky budou kontrolovány zjednodušeným ručním výpočtem.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Zbyněk Vlček, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá statickou analýzou dřevěné střešní konstrukce – krovu. V programu SCIA Engineer 17.1, který pracuje na principu metody konečných prvků, byly vytvořeny prostorové a rovinné modely konstrukce. Jednotlivé modely se mezi sebou navzájem porovnaly. Z programu jsou převzaty informace o vnitřních síly v prutech, jejich deformace a následně je provedeno jejich posouzení.

KLÍČOVÁ SLOVA

Krov

Dřevěná konstrukce

Střešní konstrukce

Prostorový model

Rovinný model

Statická analýza

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the static analysis of the wooden roof structure – truss. In SCIA Engineer 17.1, which works on the finite element method, were created spatial and planar design models, and were compared them with each other. From the program were used informations about the internal forces in the struts, their deformations and after that their assessments were carried out.

KEYWORDS

Roof truss

Timber structure

Roof construction

Spatial model

Plane model

Static analysis

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Jan Uherek *Statická analýza střešní konstrukce*. Brno, 2018. !!XX!! s., !!YY!! s. příl.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební
mechaniky. Vedoucí práce Ing. Zbyněk Vlk, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 25. 5. 2018

Jan Uherek

autor práce

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 25. 5. 2018

Jan Uherek

autor práce

PODĚKOVÁNÍ

V první řadě bych chtěl poděkovat svému vedoucímu panu Ing. Zbyňku Vlkovi, Ph.D. za cenné rady, trpělivost a čas strávený při konzultování této práce v průběhu semestru bez ohledu na množství a náročnost mých otázek.

Velké poděkování patří i mé rodině, která mi během celého studia byla psychickou podporou.

Dále děkuji svým spolubydlícím za pevné nervy během probdělých nocí strávených počítáním a modelováním tohoto projektu.

OBSAH

1. ÚVOD	11
2. STŘEŠNÍ KONSTRUKCE	12
2.1. ROZDĚLENÍ STŘECH	12
2.1.1. PODLE TVARU	12
2.1.2. PODLE ZATEPLENÍ	13
2.1.3. PODLE SKLONU	14
2.1.4. PODLE VYUŽITÍ POVRCHU	14
2.1.5. PODLE SKLADBY VRSTEV	14
2.1.6. PODLE ROZPĚTÍ	15
2.2. KROVY	15
2.2.1. POUŽÍVANÝ MATERIÁL	15
2.2.2. KLASICKÉ KOKEVNÍ A VAZNICOVÉ SOUSTAVY	15
2.2.3. NOVODOBÉ KROVY	22
3. POPIS KONSTRUKCE	24
4. ZATÍŽENÍ	25
4.1. STÁLÉ ZATÍŽENÍ	25
4.2. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ	26
4.2.1. ZATÍŽENÍ SNĚHEM	26
4.2.2. ZATÍŽENÍ VĚTREM	29
4.2.3. ZATĚŽOVACÍ STAVY	33
4.2.4. KOMBINACE	34
5. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY	35
5.1. ZPŮSOBY NAMÁHÁNÍ PRVKŮ KROVU	36
6. KROV S VRCHOLOVOU VAZNICÍ	39
6.1. GEOMETRIE JEDNOTLIVÝCH PRVKŮ	39
6.2. MODEL 1	41
6.2.1. VNITŘNÍ SÍLY A NAPĚTÍ	42
6.2.2. DEFORMACE	43
6.2.3. POSOUZENÍ – MSÚ	43
6.2.4. POSOUZENÍ – MSP	45
6.3. MODEL 1-1	46
6.3.1. VNITŘNÍ SÍLY A NAPĚTÍ	47
6.3.2. DEFORMACE	48
6.3.3. POSOUZENÍ – MSÚ	48

6.3.4. POSOUZENÍ – MSP	50
6.4. MODEL 2	52
6.4.1. VNITŘNÍ SÍLY A NAPĚTÍ	53
6.4.2. DEFORMACE	54
6.4.3. POSOUZENÍ – MSÚ	54
6.4.4. POSOUZENÍ – MSP	56
6.5. MODEL 2-1	56
6.5.1. VNITŘNÍ SÍLY A NAPĚTÍ	57
6.5.2. DEFORMACE	58
6.5.3. POSOUZENÍ – MSÚ	58
6.5.4. POSOUZENÍ – MSP	59
7. KROV BEZ VRCHOLOVÉ VAZNICE	60
7.1. GEOMETRIE JEDNOTLIVÝCH PRVKŮ	60
7.2. MODEL 3	61
7.2.1. VNITŘNÍ SÍLY A NAPĚTÍ	61
7.2.2. DEFORMACE	63
7.2.3. POSOUZENÍ – MSÚ	63
7.2.4. POSOUZENÍ – MSP	64
7.3. MODEL 3-1	65
7.3.1. VNITŘNÍ SÍLY A NAPĚTÍ	65
7.3.2. DEFORMACE	66
7.3.3. POSOUZENÍ – MSÚ	67
7.3.4. POSOUZENÍ – MSP	68
8. POROVNÁNÍ NĚKTERÝCH PRVKŮ KROVU	69
9. ZÁVĚR.....	71
10. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	72
11. SEZNAM OBRÁZKŮ	73
12. SEZNAM TABULEK.....	75



1. ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá vytvářením modelů fiktivního dřevěného krovu. Aby mohl být zrealizován prvotní návrh konstrukce, je zapotřebí poznat jednotlivé typy konstrukcí zastřešení. První část se proto zabývá seznámením s různými typy konstrukcí.

Postupně je přikročeno k výpočtu zatížení uvažované konstrukce a vytvoření jejího modelu v programu SCIA Engineer 17.1. Modelů je vytvořeno více za účelem porovnání výsledků. Software se využije také při převzetí informací o vnitřních silách působících v jednotlivých prutech konstrukcí. Konstrukce jsou staticky posouzeny výše uvedeným výpočtním programem a pomocí ručního výpočtu.

V poslední části práce jsou porovnány některé z prvků prostorových modelů za účelem zjištění vhodnosti vytvořených řešení.

2. STŘEŠNÍ KONSTRUKCE

Střešní konstrukce tvoří výškové zakončení stavebního objektu a výrazně ovlivňuje jeho vzhled. Zabezpečuje požadované parametry vnitřních podstřešních prostorů a zároveň je chrání před nepříznivými klimatickými a dalšími vlivy vnějšího prostředí. Je tvořena dílčími složkami, kterými jsou střešní plášť a hlavní nosná konstrukce.

Střešní plášť by měl zajistit ochranu vnitřního prostředí před srážkami (deštěm, sněhem, kroupami, námrazou), ochranu před větrem, zmenšit tepelné ztráty a omezit šíření hluku.

Hlavní nosná konstrukce je část střechy, která přenáší účinky zatížení do opěrné konstrukce zastřešení [1].

2.1. ROZDĚLENÍ STŘECH

2.1.1. PODLE TVARU

Tvar střechy závisí na charakteru a uspořádání dílčích částí střechy. Tvar střešní plochy se zpravidla shoduje s tvarem nosné konstrukce zastřešení.

Grafická znázornění níže uvedených střech jsou zobrazeny v obrázku 1.

Pultové střechy

Používají se pro jednoduché budovy. Mají jednostranný sklon obvykle s malým spádem.

Sedlové střechy

Tvoří je dvě stejně veliké střešní plochy se stejným spádem. Hřeben zde v podélném řezu tvoří vodorovnou přímku, ze které na obě strany klesají střešní roviny. Jejich modifikací jsou střechy valbové a polovalbové.

Valbové střechy

Částečně zmenšují prostory nad krovem pro využití. Oproti sedlovým střechám jsou zde štítové stěny nahrazeny valbou.

Polovalbové střechy

Opticky snižují výšku štítových zdí. Zpravidla se polovalby zřizují ve výši středních vaznic.

Stanové střechy

Používají se pro budovy s půdorysem tvaru čtverce nebo obdélníku.

Mansardové střechy

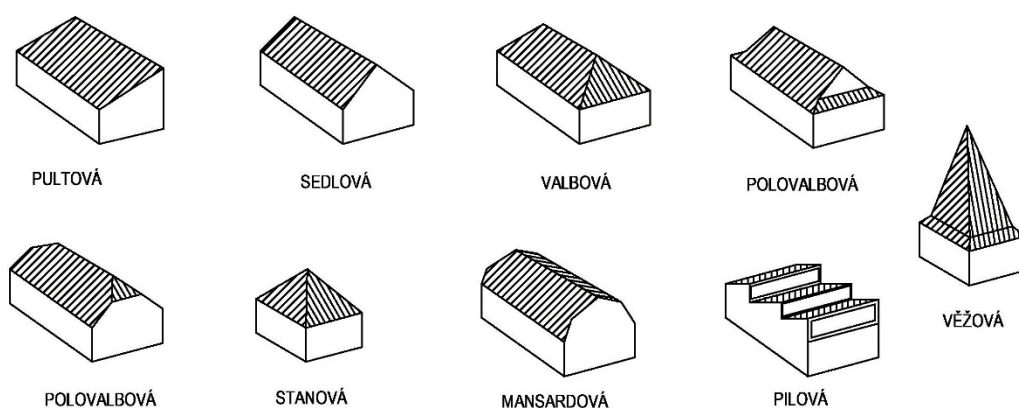
Horní část střechy je v menším sklonu a dolní část střechy je více strmá. Krov překrývá stěny obytného podkroví.

Pilové střechy

Jedná se o opakování pultových střech v řadě za sebou.

Věžové střechy

Jedná se o kopule, bání, jehlové střechy se strmým sklonem a štíhlé stanové střechy.



Obrázek 1 – Druhy střech

Převzato z: <http://dk.spsopava.cz:8080/fotogaltisk.php?adr=kOiKw4_2015022_164742>

2.1.2. PODLE ZATEPLENÍ

Střechy bez tepelné izolace

Lze navrhovat například pro sklady nebo pro budovy, které mají horní tepelně izolační vrstvu uloženou v nejhornějším mezipatrovém stropu.

Tepelně izolované střechy

Mimo krytinu a podstřešní vrstvu je zde i tepelně izolační vrstva, neprůvzdušná vrstva a parozábrana [2].

2.1.3. PODLE SKLONU

Sklonem střechy se rozumí úhel, který svírá střešní plášť s vodorovnou rovinou. Na sklonu střechy závisí druh použité střešní krytiny.

Ploché střechy - konstrukce se sklonem do 5° .

Sklonité střechy - střešní rovina ve sklonu od 5° do 45° .

Strmé střechy - střešní rovina ve sklonu bývá nad 45° .

2.1.4. PODLE VYUŽITÍ POVRCHU

Kromě ochranné funkce může být střecha využita i k dalším účelům, jako jsou rekreace, statická doprava, a podobně [1].

Nepochůzné střechy

Je zde umožněn pouze přístup za účelem obsluhy, kontroly a oprav.

Střechy s pochůznou nebo pojízdnou úpravou

Jsou trvale využívány k provozním účelům.

Střechy s vegetační úpravou

Umožňují růst travin, keřů nebo užitkových a okrasných rostlin.

2.1.5. PODLE SKLADBY VRSTEV

Vzhledem k různorodým požadavkům vnějšího a vnitřního prostředí se navrhují různé druhy skladeb střešního pláště.

Jednoplášťové střechy

Podstřeší je oddělené od vnějšího prostředí jedním střešním pláštěm. Uplatňují se zejména při navrhování plochých střešních konstrukcí.

Dvou a víceplášťové střechy

Nejběžnějším způsobem provedení je dvouplášťová střecha s tepelně izolační vrstvou. Obecně se skládá ze střešní krytiny, separační vrstvy, nosné konstrukce pro střešní krytinu (bednění, latování), větrané vzduchové mezery, pojistné hydroizolace, tepelné izolace a parozábrany.

2.1.6. PODLE ROZPĚTÍ

Malá rozpětí - do 12 m

Střední rozpětí - od 12 do 36 m

Velká rozpětí - nad 36 m

2.2. KROVY

Krov je hlavní nosnou konstrukcí střechy, která přenáší účinky zatížení do opěrné konstrukce zastřešení. Jedná se především o zatížení vlastní tíhou, zatížení od střešního pláště, zatížení sněhem, větrem a provozní zatížení.

Návrhem hlavní nosné konstrukce zastřešení je obvykle dán i celkový tvar střechy.

Musí splňovat požadavky na únosnost a použitelnost. U únosnosti se musí posoudit dostatečná bezpečnost nosné konstrukce. Při posouzení použitelnosti jde o to, aby konstrukce při působících zatíženích zůstala použitelná.

2.2.1. POUŽÍVANÝ MATERIÁL

Nejčastěji se můžeme setkat s dřevěnými nosnými konstrukcemi. Ty jsou užívané zejména v bytové výstavbě. Kromě dřevěných krovů existují i krovky ocelové, železobetonové a kombinované [3].

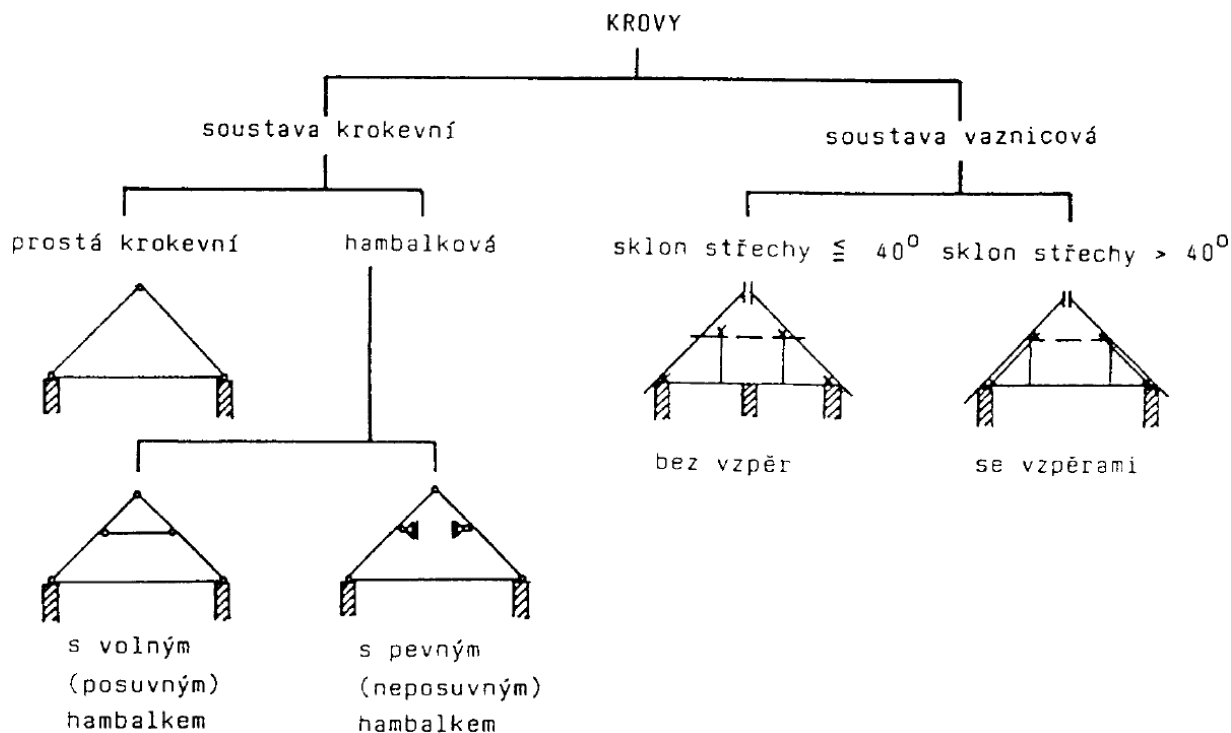
2.2.2. KLASICKÉ KOKEVNÍ A VAZNICOVÉ SOUSTAVY

Jednoduché krokové konstrukce patří k nejstarším soustavám krovů. V průběhu času došlo k požadavkům na zvýšení rozpětí konstrukce, a to dalo vzniknout upraveným hambálovým soustavám. Během dalšího vývoje byly rozvíjeny především odlehčené vícestupňové systémy vaznicového typu. Ty umožňovaly větší rozpětí kroků.

Vaznice jsou uloženy na sloupky v plných vazbách, které zajišťují příčnou tuhost. Mezi plnými vazbami bývají vazby prázdné neboli jalové. Tuhost v podélném směru je zajištěna pomocí zavětrování, pásků a vzpěr [1].

Dimenze průřezů byly voleny v závislosti na oslabení prvku tesařskými spoji a vnitřních silách. Ozdění dřevěných částí by mělo být prováděno jen v nejnutnější míře [5].

Základní rozdělení klasických soustav krovů

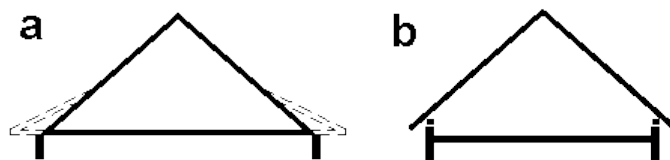


Obrázek 2 – Soustavy krovů

Zdroj: [4], Soustavy krovů, Obr. 78, s. 83

Prostá krokevní soustava

Je to nejjednodušší krokevní soustava. Pouze dvojice krokví tvoří nosnou konstrukci střešního pláště. Jedná se o staticky určitou trojkloubovou soustavu z prvků prutových. Krokev působí jako prostý nosník. Vzdálenost krokví je obvykle dána vzdáleností vazných trámů. Podélná tuhost je zajištěna například pomocí šikmých zavětrování. Využívá se i v současnosti při malých rozpětích [5].



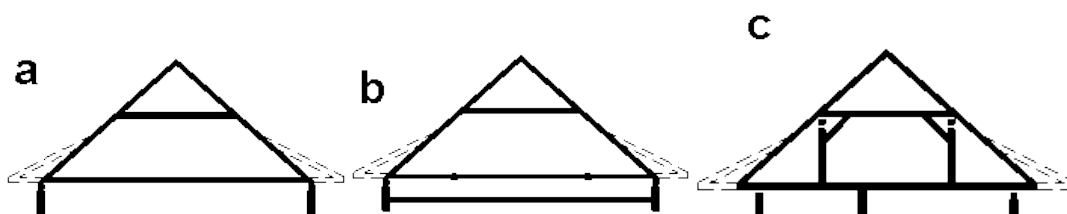
Obrázek 3 – Schéma prosté krokevní soustavy

a) s krokvi kotvenými ke stropním trámům, b) s krokvi kotvenými k pozednicím

Převzato z: <<http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/8.html>>

Hambálková soustava

Každá dvojice krokví je doplněna vodorovnou rozpěrou – hambálkem, se kterým tvoří trojúhelníky. Hambálek přispívá ke zvýšení tuhosti soustavy. Je připojen kloubově nebo tuze ke krokvim přibližně v $1/3$ až $2/3$ výšky soustavy a má stejný, nebo jen o málo větší průřez než krokve. Pevný (neposuvný) hambálek se vytvoří pomocí tuhého plnostěnného nebo příhradového nosníku v rovině hambálku, který je podpírán štítovými stěnami. Rozpěra zmenší rozpětí krokví, které působí jako spojitý nosník o dvou polích. Jedná se o trojkloubovou, jedenkrát staticky neurčitou soustavu. Každá vazba je plná a jejich vzdálenost je 0,9 až 1,2 m. Používá se u rozpětí 6 až 11 m. V případě větších rozpětí jsou v plných vazbách sloupky podporující vaznice [1,4,5].



Obrázek 4 – Schémata hambálkové soustavy

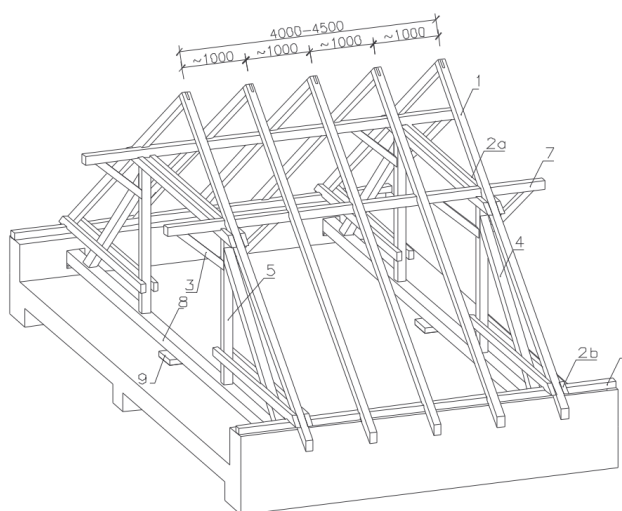
a) prostá hambálková soustava s krokvemi kotvenými ke stropním trámům ,

b) prostá hambálková soustava s vaznými trámy, c) hambálková soustava podepřená

Převzato z: <<http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/8.html>>

Vaznicová soustava

Základním prvkem je vodorovný trám neboli vaznice. Jedná se o třístupňový nosný systém (krokev-vaznice-plná vazba). Krokve této soustavy jsou podpírány vaznicemi, které vhodně zkracují jejich rozpětí. Vaznice jsou podepírány sloupky po vzdálenostech nejvíce 4 až 4,5 m. Počet vaznic, stejně jako konstrukční schéma plné vazby, je závislý na únosnosti krokví, zastřešovaném rozpětí a celkovém zatížení [5].



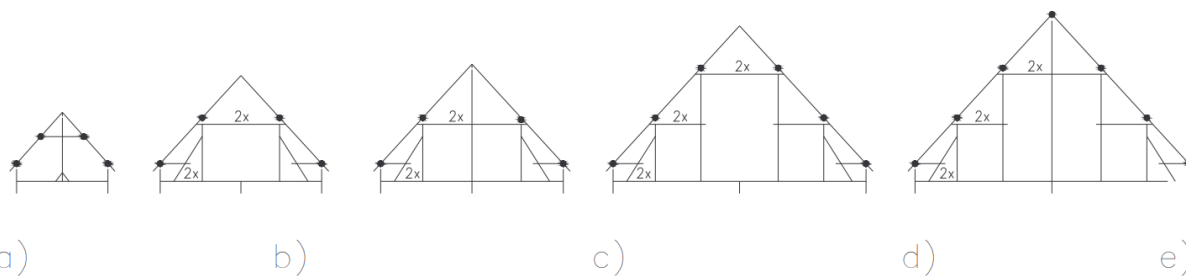
Obrázek 5 – Konstrukční systém vaznicové soustavy

1) krokve, 2a) kleština horní, 2b) kleština dolní, 3) pásy, 4) šikmé vzpěry, 5) sloupky, 6) pozednice, 7) vaznice, 8) vazný trám, 9) podkladní botky

Zdroj: [6], Konstrukční systém vaznicové soustavy, Obr. 38, s. 41

Stojatá stolice

Její pomocí je vytvořena velká většina českých krovů. Přes vaznice se tíha střechy přenáší do stojatých (svislých) sloupků. Ze sloupků se tíha přenáší do vazných trámů a z nich do svislých nosných konstrukcí. V podélném směru zajišťují stabilitu pásy. V příčném směru stabilitu zajišťují kleštiny a vzpěry. Její výhodou je jednoduchost a snadná stavba. Naopak nevýhodou je hodně zaplněný podstřešní prostor [5].



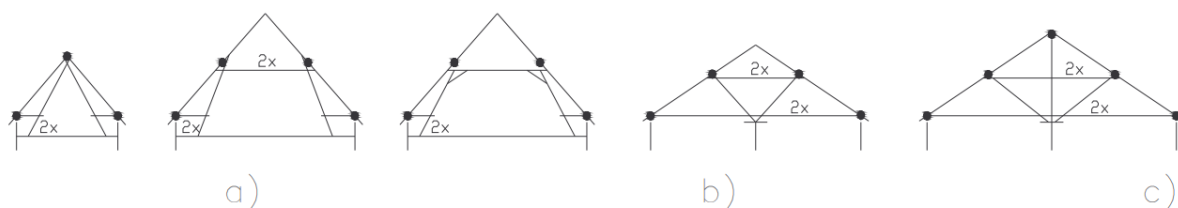
Obrázek 6 – Schéma plných vazeb stojaté stolice

a) s hřebenovou vaznicí, b) s jednou střední vaznicí, c) s hřebenovou a střední vaznicí, d) se dvěma středními vaznicemi, e) s hřebenovou a dvěma středními vaznicemi

Zdroj: [6], Schéma plných vazeb stojatých stolic, Obr. 41, s. 44

Ležatá stolice

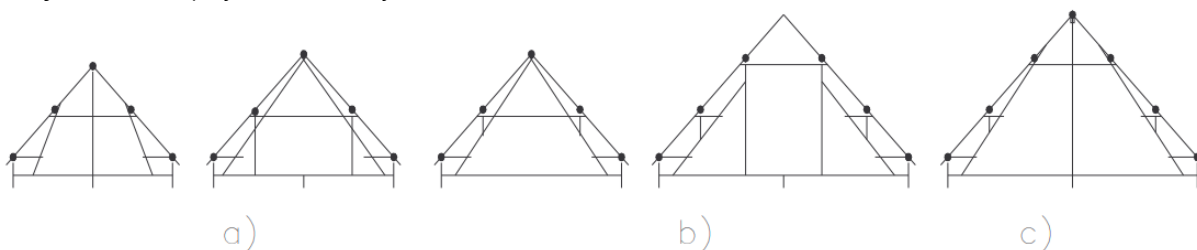
Z vaznic se zatížení přenáší do vazných trámů ležaté (šikmé) vzpěry. Její využití bylo zejména u zemědělských staveb bez vnitřních zdí. Její výhodou je poměrně volný půdní prostor. Kdežto nevýhodou je složitější výroba a stavba. Používala se i bez vazných trámů, které se nahrazovaly krátkým prahcem, tzv. bačkorou. Při větších rozpětích se používala i kombinace ležaté a stojaté stolice [5].



Obrázek 7 – Schéma plných vazeb ležatých stolic

a) s hřebenovou vaznicí, b) s jednou střední vaznicí, c) s hřebenovou a střední vaznicí

Zdroj: [6], Schéma plných vazeb ležatých stolic, Obr. 42, s. 44



Obrázek 8 – Schéma plných vazeb kombinovaných stolic

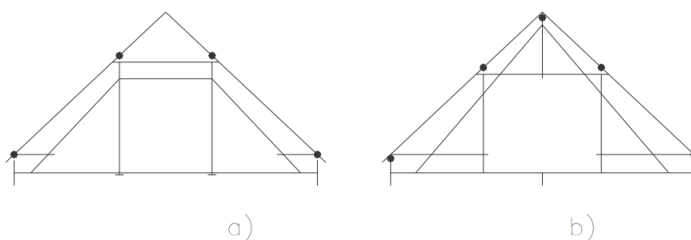
a) s hřebenovou a jednou střední vaznicí, b) se dvěma středními vaznicemi,

c) s hřebenovou a dvěma středními vaznicemi

Zdroj: [6], Schéma plných vazeb kombinovaných stolic, Obr. 43, s. 45

Věšadlo

Do tzv. věšadla přenáší od vaznic horní část sloupků tíhu střechy. V případě jednoduchého věšadla se síla rozkládá na dvě vzpěry. U dvojitého věšadla se síla rozkládá do rozpěry a vzpěry. Vzpěry a rozpěra bývají namáhány vzpěrným tlakem. V části dole od připojení vzpěr, sloupek pouze vyvěšuje vazný trám, proto se nazývá věšák. V některých případech jsou kleštiny nad rozpěrou dvojitého věšadla vynechané [5].



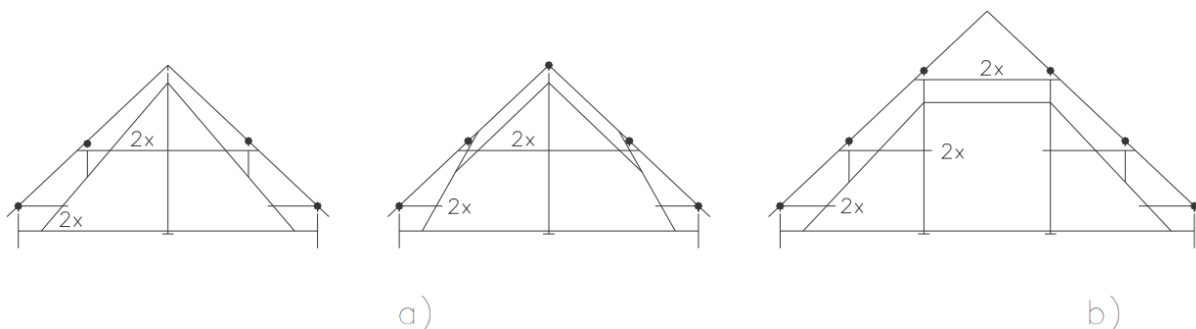
Obrázek 9 – Schéma vzpěradel v plných vazbách stojatých stolic

a) jednoduché vzpěradlo, b) dvojité vzpěradlo

Zdroj: [6], Schéma použití vzpěradel a věšadel v plných vazbách stojatých stolic, Obr. 44, s. 45

Vzpěradlo

Vzpěradla mohou nést nižší vaznice, ale obvykle vzpírají vaznice nejvyšší. Dají se využít jak ve stojaté, tak i v ležaté stolic. Důvodem jejich použití je zmenšení dimenze vazního trámu. Oproti věšadlům je jejich výhodou částečné uvolnění půdorysu půdního prostoru [5].



Obrázek 10 – Schéma věšadel v plných vazbách ležatých stolic
a) jednoduché věšadlo, b) dvojité věšadlo

Zdroj: [6], Schéma použití věšadel v plných vazbách ležatých stolic, Obr. 45, s. 45

Ležatá stolice bez vazného trámu

Začala být využívána kvůli úspoře dřeva v počátku druhé poloviny dvacátého století. Používala se tam, kde měla budova alespoň jednu nebo dvě střední zdi, a kde nevadila ztráta volného půdního prostoru. Využití našla u střech s menším sklonem. Její vazný trám se nahrazoval bačkorou (krátkým pražcem). Je namáhána šikmým ohybem. Její kleštiny jsou namáhány tahem i při působení pouze svislého zatížení [5].



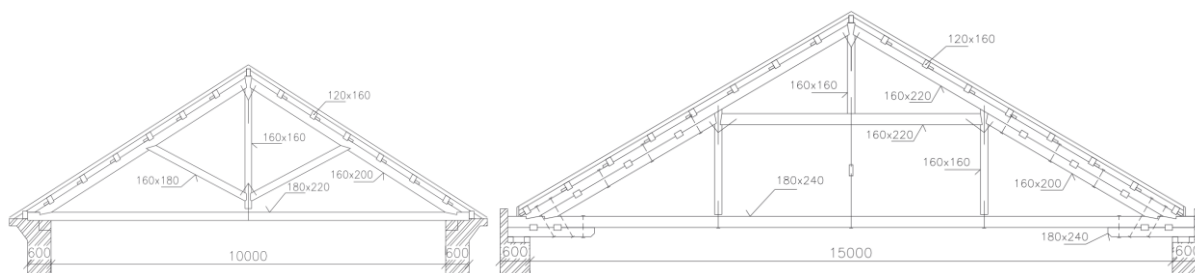
Obrázek 11 – Schéma ležatých stolic bez vazných trámů

Ležatá stolice bez vazného trámu u budov se dvěma středními zdmi

Převzato z: <<http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/8.html>>

Vlašská soustava

Byla používána dříve, v období středověku, a to především v Itálii. Využívala se pro konstrukce nižších staveb o malém sklonu a rozpětí. Jedná se o dvoustupňový nosný systém (krokev-plná vazba). Plné vazby vlašské soustavy byly vytvářeny jako jednoduchá, popřípadě dvojité (trojitá) věšadla. Jejich vodorovné vaznice byly přímo ukládány na plné vazby. Využití principu dvoustupňové soustavy pro menší rozpětí bylo více úsporné než pozdější vaznicové soustavy [1].



Obrázek 12 – Vlašské soustavy

Jednoduché a trojité věšadlo

Zdroj: [6], Vznik vlašské soustavy, Obr. 68, 69, s. 61

Prvky klasických krovů

Krokve bývají uloženy na vaznicích a pozednicích. Na pozednice jsou krokve osedlány. Přenášejí zatížení působící na střešní plášť jako spojité nosníky nebo nosníky s převislými konci. Jejich osová vzdálenost bývají 0,8 až 1,2 m. Maximální přesah krokve nad okapem by neměl být větší než 1,5 m. V případě, že krokvim překáží komínová tělesa, musí je obejít. Pokud to není možné, tak se krokve přerušované komínovým tělesem podepřou vodorovnými výměnami. Výměny nemají být delší než tři krokrová pole. Krokve kratších rozměrů na valbě nebo polovalbě se nazývají námětkové.

Vaznice jsou nosíkové prvky podírající krokve. Zatížení předávají do sloupků, popřípadě vzpěr nebo štitových zdí. Staticky působí jako prosté nosníky s podporami v plných vazbách nebo nosných šítech. Pokud se jedná o krov malého rozpětí, bývá zde jen vrcholová (hřebenová) vaznice. Kromě vrcholové vaznice může mít krov také vaznici okapovou, která nahrazuje pozednici. V závislosti na počtu vaznic se krokrová soustava označuje jako jednoduchá, dvojité, nebo trojitá. Osová vzdálenost mezi vaznicemi by neměla být větší než 4,5 m. Šikmá vzdálenost vaznice od hřebene by měla být nejvíce 2,5 m. Ukládají se nad sloupky šikmým srazem nebo plátováním.

Pozednice jsou uloženy celou svou plochou na atice. Ukládají se na plocho. Na pozednici jsou uloženy krokve pomocí osedlání. Jejich průřez je menší než průřez vaznic.

Sloupky bývají čtvercového průřezu a podpírají vaznice. Přenášejí zatížení z vaznic dále do vazných trámů, popřípadě krátkých pražců (bačkora).

Vazný trám je prvek nosného charakteru. Váží se do něj sloupky a vzpěry, které ho zatěžují svislými a šikmými silami. Přenáší velkou částí tíhy střechy do spodní stavby. V případě tuhé stropní konstrukce ho lze nahradit krátkým pražcem (bačkora).

Kleštiny jsou prutové prvky namáhané osovými silami. Jejich funkcí je zajistit proti posunutí vaznice a pozednice. Kvůli centrického působení se navrhují ve dvojicích. Osazují se na stojato.

Vzpěry zvyšují prostorovou tuhost konstrukce krovu. Slouží pro zachycení sil, které vznikají v krovu, od působení horizontálních sil.

Pásky se umísťují pod vaznicemi z obou stran sloupků. Slouží k zajištění stability krovu v podélném směru. Zkracují rozpětí vaznic [5].

Rozpěry jsou navrhovány u vzpěradlových soustav pro větší rozpětí. Navrhují se dvojité.

Vazby rozlišujeme jalové a plné. Jalová vazba je tvořena pouze krokvemi, kdežto vazba plná obsahuje všechny nosné prvky krovu. Plná vazba se rozmísťuje ve vzdálenosti 3,6 až 4,5 m od sebe a mezi nimi jsou vazby jalové. Plné vazby zajišťují tuhost krovu v příčném směru [5].

2.2.3. NOVODOBÉ KROVY

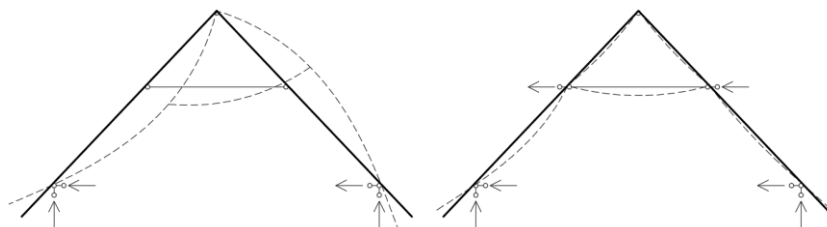
V průběhu druhé poloviny dvacátého století docházelo ke změně využívání půdních prostor. Tím se měnila i konstrukce nově budovaných krovů. V současnosti musí krov umožnit umístění kanceláří, nebo obytných místností v půdním prostoru. Z tohoto důvodu se požaduje, aby byl podstřešní prostor co nejvíce uvolněn od prvků krovu. Není zde možné použít vodorovné prvky krovu, kterými jsou například vazné trámy, ani šikmé prvky, jakými jsou vzpěry. Vazby nově budovaných krovů bývají všechny stejné.

Novodobý krov s vaznicemi

Dvojice krokví, které jsou uloženy na pozednicích a vaznicích, tvoří vazby. Všechny páry krokví jsou spojeny kleštinami. Vaznice přenášejí rozhodující část zatížení střechy, jsou hlavním nosným prvkem tohoto krovu. Další prvky, které v tomto krovu můžeme nalézt jsou sloupky a pásky. Jiné prvky, které by znehodnocovaly využití půdního prostoru, v krovu nejsou [5,7].

Novodobý hambálkový krov

Jeho vazby jsou všechny stejné. Skládají se z hambálku a dvou krokví. U hambálkového krovu mohou být zhotoveny také valby a polovalby, nebo nízké vikýře. Hambálky jsou uloženy pouze na pozednicích, případně na podkornicích. Krokve jsou spojeny kleštinami, které v tomto případě označujeme jako hambálek. Hambálek s krokvi tvoří staticky neurčitou konstrukci. Rozlišujeme hambálkové krovky s hambálkem posuvným a neposuvným podle statického působení. **Posuvný hambálek** se může vodorovně pohnout při průhybu od zatížení. **Neposuvný hambálek** se vytvoří vložením vodorovného nosníku v úrovni hambálků, který je zakotvený v nosných štítech budov a nedovolí vodorovný pohyb hambálků [5].



Obrázek 13 – Průhyb vazby hambálkového krovu

Převzato z: [5], Průhyb vazby hambálkového krovu při zatížení stálém, zatížení sněhem na levé straně a větrem zleva, Obr. 433, s. 186

Prvky novodobého krovu

Mezi prvky novodobého krovu patří **krokve**, které tvoří střešní plochy a probíhají od hřebenu kolmo k okapům. Přebírají tíhu střešního pláště, vrstev tepelné izolace, podhledu, sněhu a účinku větru na vaznice a pozednice.

Dále **vaznice** přebírající zatížení od krokví. Toto zatížení předávají dál na svislé nosné konstrukce. Průřezy vaznic musí být větší než u krovů klasických.

Pozednice, na kterých jsou umístěny krokve, jsou uloženy celou svou plochou na podokapní stěně (u dřevostaveb) nebo půdní nadezdívce (u zděných budov). Působí na ně svislé síly, proto jsou osazeny na plocho.

Dalšími prvky zde se vyskytujícími jsou **dřevěné sloupky**, které podpírají vaznice.

Kleštiny jsou v krovu obvykle osazeny pod vaznicemi a jejich účelem je vodorovné spojení krovu tak, aby nedocházelo k pohybům vaznic. Jsou zde nosným prvkem, proto jsou osazené ve všech vazbách stejně jako krokve ve vzdálenostech asi 1 m [5].

3. POPIS KONSTRUKCE

Řešený objekt se nachází v Moravskoslezském kraji, okrese Bruntál, v obci Krnov. Z lokality objektu vyplývá sněhová a větrová oblast pro výpočet zatížení (podrobněji v kapitole 4. ZATÍŽENÍ).



Obrázek 14 – Umístění objektu

Zdroj: <<https://mapy.cz>>

Konstrukce krovu byla navržena pro fiktivní jednopodlažní budovu menších rozměrů, půdorysného tvaru L. Hřeben střechy se nachází ve výšce 6,750 metrů nad terénem. Střecha se skládá ze dvou na sebe kolmých sedlových částí. Výška střechy je 3,020 metrů. Sklon střechy je $37,23^\circ$.

Jsou zpracovány prostorové a rovinné modely s drobnými rozdíly pro porovnání výsledků. Modely budou popsány níže.

4. ZATÍŽENÍ

4.1. STÁLÉ ZATÍŽENÍ

1. Zatěžovací stav

V prvním zatěžovacím stavu se uvažuje jako stálé zatížení na krovu jeho vlastní tíha, která byla vygenerována automaticky, programem SCIA Engineer 17.1. Třída pevnosti dřeva se uvažovala C24.

2. Zatěžovací stav

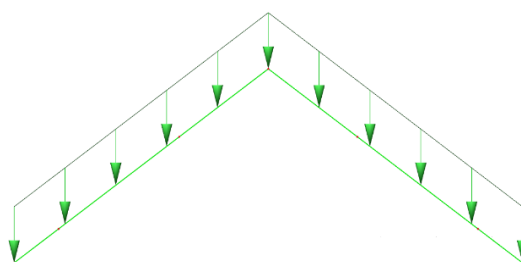
Ve druhém zatěžovacím stavu uvažujeme ostatní stálá zatížení působící na krov. Jedná se o součet zatížení od jednotlivých konstrukčních vrstev střešního pláště. Zatížení je podle roznášecích šířek a objemových tíh rozpočítáno jako spojitě zatížení na jednom běžném metru prutu. Roznášecí šířky jsou dány osovou vzdáleností krokví. Zatížení se nanášelo pouze na běžné krokve.

Skladba střešního pláště je volena tak, aby byla vyhovující v závislosti na sklonu střechy, účelu stavby a aby byla zajištěna pohoda vnitřního prostředí.

Tabulka 1 – Skladba střešního pláště

KONSTRUKČNÍ VRSTVA	OBJEMOVÁ TÍHA	ZATĚŽOVACÍ ŠÍŘKA	ZATÍŽENÍ
Vláknocementová střešní krytina CEMBRIT – česká šablona	13,43 kg/m ²	1,25 m	0,1679 kN/m
Dřevěné latě – 30 x 50 mm	500 kg/m ³	1,25 m	0,0469 kN/m
Dřevěné kontralatě – 30 x 50 mm	500 kg/m ³	1,25 m	0,0075 kN/m
Hydroizolace pojistná – VEDAFORM	125 g/m ²	1,25 m	0,0016 kN/m
Záklop na krokve – OSB/3 desky 4PD, tl.15 mm	600 kg/m ³	1,25 m	0,1125 kN/m
SOUČET			0,3363 kN/m

Stálé zatížení působí jako spojitě zatížení v globálním směru na lokální osu prvku.



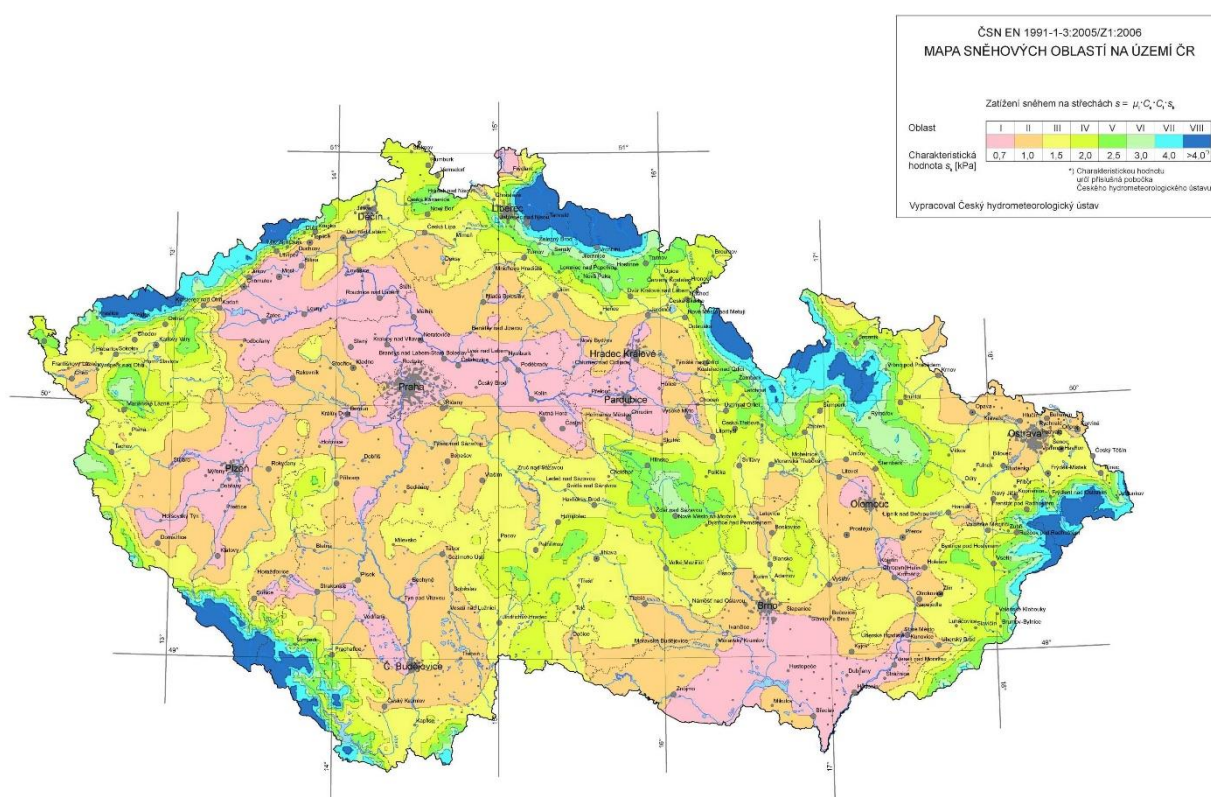
Obrázek 15 – Působení stálého zatížení na konstrukci

4.2. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

4.2.1. ZATÍŽENÍ SNĚHEM

Zatížení sněhem bylo určeno podle lokality z mapy sněhových oblastí a typu terénu.

Uvažovaná konstrukce spadá do sněhové oblasti II. V krajině nedochází na stavbách k výraznému přemístění sněhu větrem, kvůli okolnímu terénu, jiným stavbám nebo stromům [9]. Krajinu tedy uvažuji jako normální.



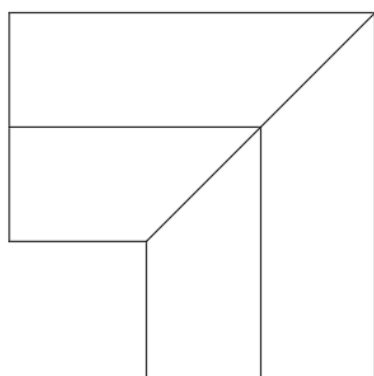
Obrázek 16 – Mapa sněhových oblastí na území České republiky

Zdroj: <<http://www.sticka.cz/mapy/>>

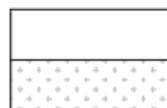
Tabulka 2 – Vstupní hodnoty pro výpočet zatížení sněhem

Sklon střechy	$\alpha = 37,23^\circ$
Sněhová oblast	II
Základní tíha sněhu (char. hodnota)	$S_k = 1,00 \text{ kN/m}^2$
Typ krajiny	normální
Součinitel expozice	$C_e = 1,00$
Tepelný součinitel	$C_t = 1,00$
Tvarový součinitel střechy	$\mu_1 = 0,607$
ZATÍŽENÍ SNĚHEM	$s = 0,759 \text{ kN/m}^2$

Podle normy ČSN EN 1991-1-3 se u střechy rozlišuje zatížení nenavátým sněhem a zatížení sněhem navátým. Z dané situace vyplývá 7 zatěžovacích stavů, kde v prvním se předpokládá plné zatížení na celou plochu střechy. Druhý až sedmý stav vyplývají ze dvou hlavních směrů větru, který může zapříčinit odváti, nebo naopak navátí sněhu. Uvažovalo se tedy, že na návětrné straně působí poloviční zatížení, kdežto na závětrné straně působí plná tíha sněhu. Vzhledem k tomu, že norma neuvažuje s přitížením úžlabí sněhem, ale je patrné, že navátý sníh by mohl v úžlabí setrvávat a přitěžovat, navrhly se ke každému zatěžovacímu stavu dvě varianty. První varianta je bez přitížení úžlabné krokve a druhá s přitížením úžlabné krokve. Ve výsledku je tedy 14 zatěžovacích stavů pro sníh.

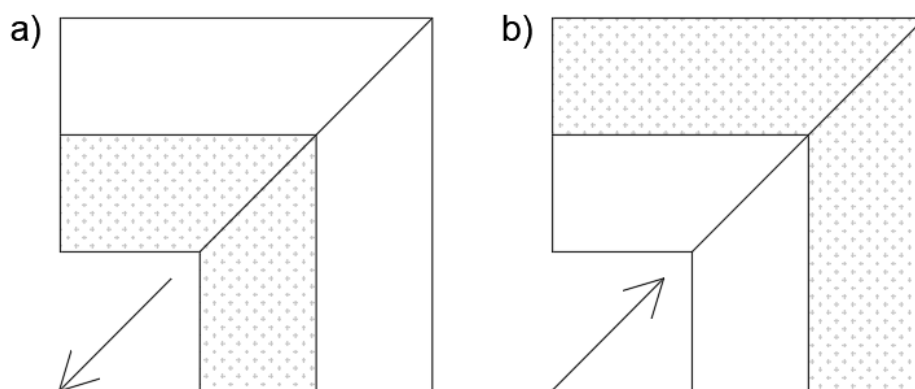


Obrázek 17 – Plné zatížení sněhem

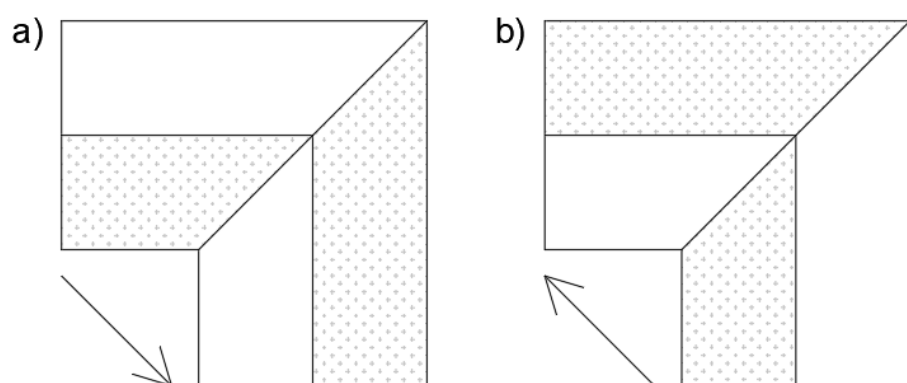


Plné zatížení sněhem

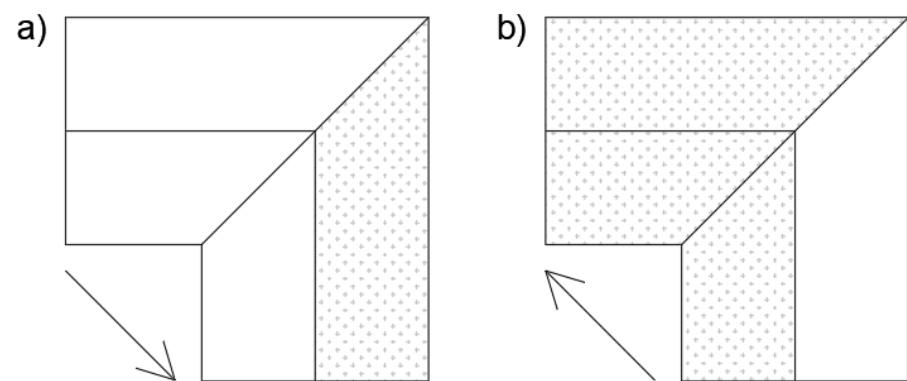
Poloviční tíha sněhu



Obrázek 18 – Zatížení sněhem – a) směr větru 1, b) směr větru 2

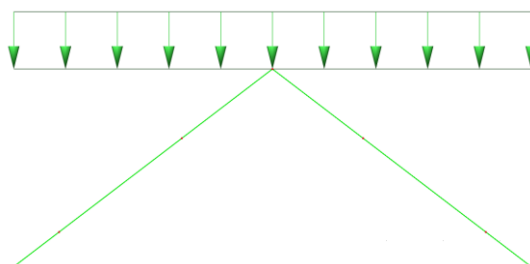


Obrázek 19 – Zatížení sněhem – a) směr větru 3 (možnost A), b) směr větru 4 (možnost A)



Obrázek 20 – Zatížení sněhem – a) směr větru 3 (možnost B), b) směr větru 4 (možnost B)

Zatížení sněhem působí jako vodorovný průmět na šikmost střechy.

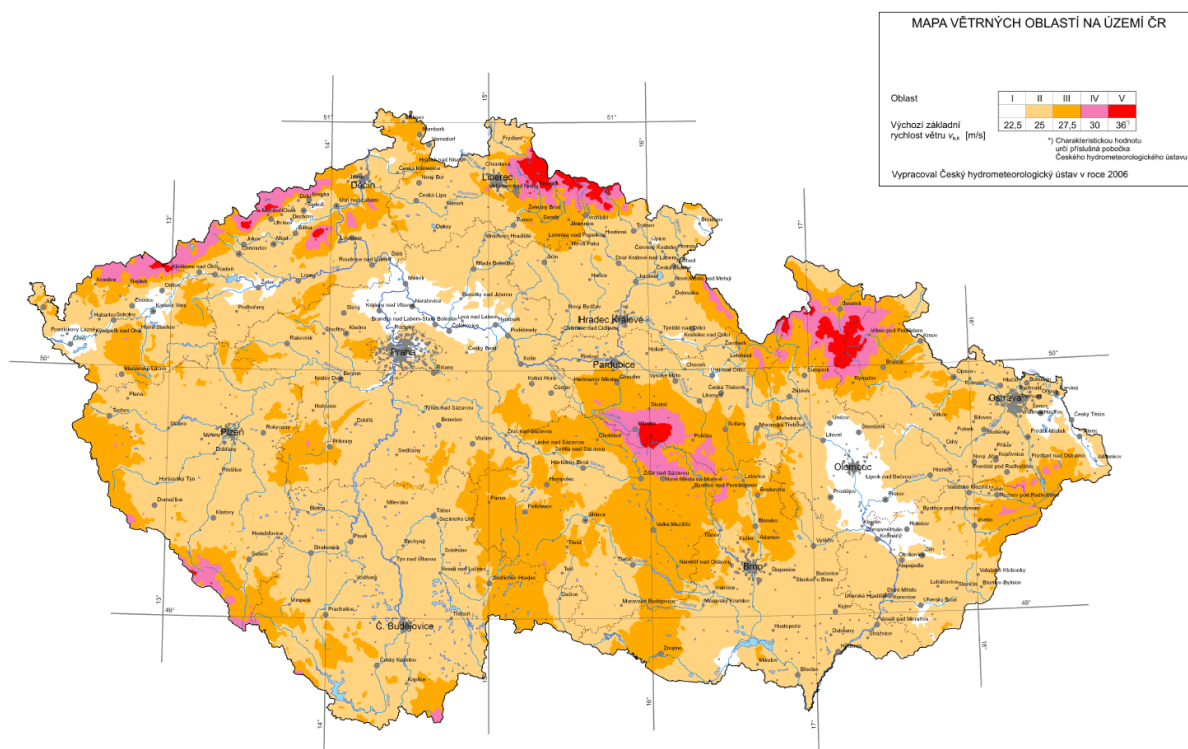


Obrázek 21 - Působení zatížení sněhem na konstrukci

4.2.2. ZATÍŽENÍ VĚTREM

Podle mapy větrných oblastí a kategorie terénu se určilo zatížení větrem, působící na konstrukci.

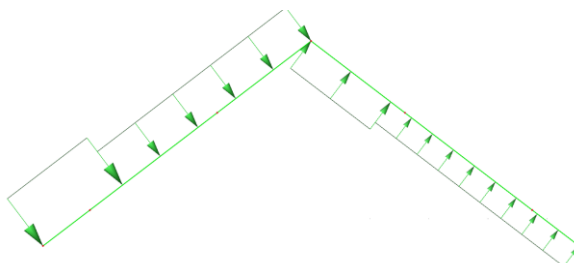
Stavební objekt leží ve větrné oblasti II, v krajině s nízkou vegetací.



Obrázek 22 – Mapa větrných oblastí na území České republiky

Zdroj: <<http://www.sticka.cz/mapy/>>

Zatížení od větru působí na lokální souřadnicový systém krokví kolmě.

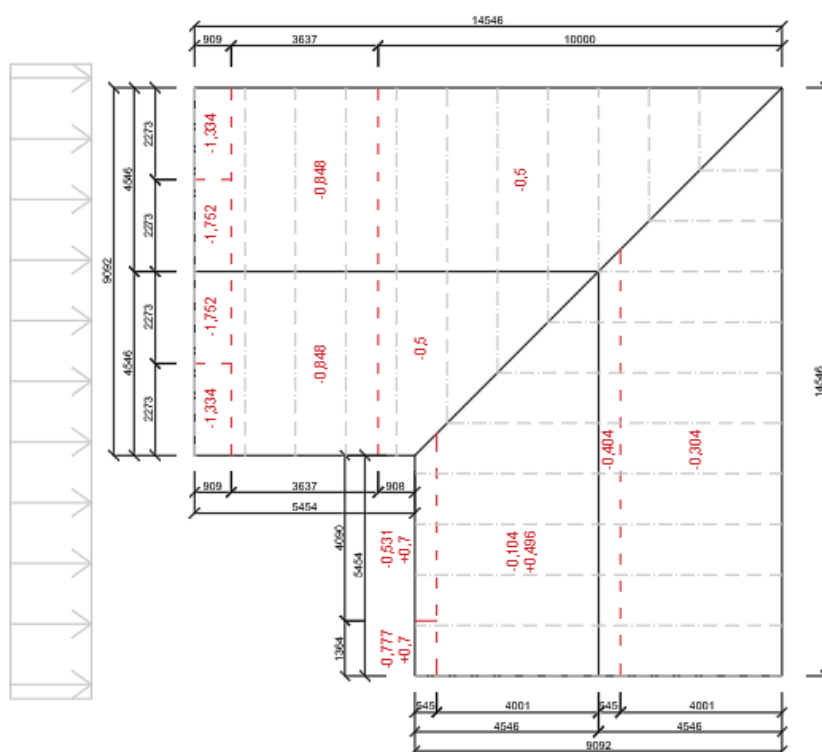


Obrázek 23 – Působení zatížení od větru na konstrukci

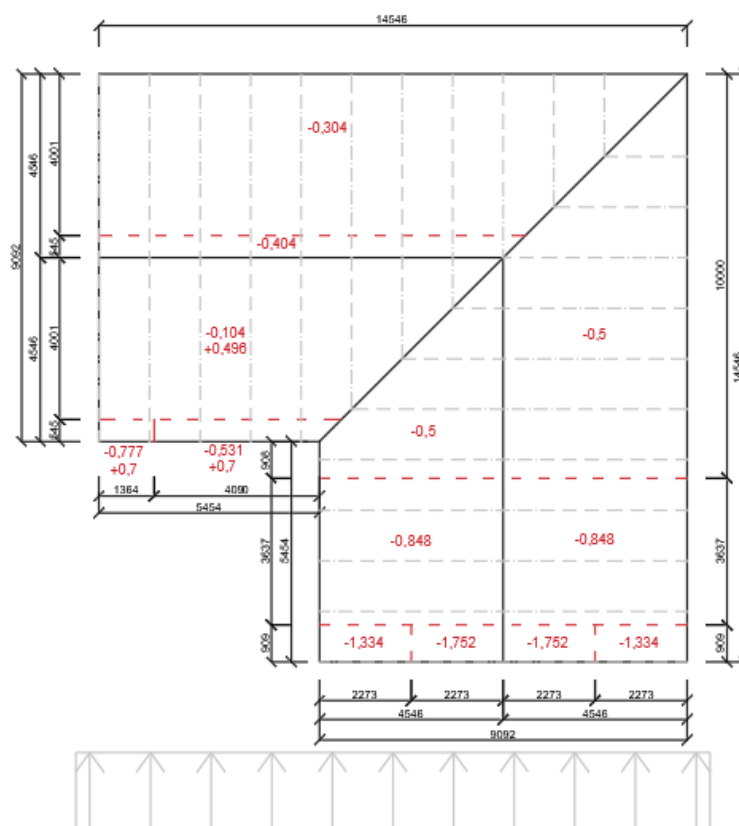
Tabulka 3 – Vstupní hodnoty pro výpočet zatížení větrem

Větrová oblast		II
Normová základní rychlost větru	$V_{b,0}$	25 m/s
Kategorie terénu		III
Parametr drsnosti terénu	Z_0	0,3 m
	$Z_{0,II}$	0,05 m
	Z_{min}	5,0 m
	Z_{max}	200 m
Měrná hmotnost vzduchu	ρ	1,25 kg/m ³
Součinitel směru	C_{dir}	1,0
Součinitel orografie	C_0	1,0
Součinitel ročního období	C_{season}	1,0
Referenční výška	Z	6,75 m
Součinitel turbulence	K_i	1,0
Rychlost větru	V_b	25 m/s
Základní dynamický tlak větru	q_b	390,625 N/m ²
Součinitel terénu	K_r	0,215
Směrodatná odchylka rychlosti větru	σ_v	5,375 m/s
Součinitel drsnosti terénu	C_r	0,669
Střední rychlost větru	V_m	16,735 m/s
Intenzita turbulence	I_v	0,321
MAXIMÁLNÍ DYNAMICKÝ TLAK VĚTRU	q_p	568,347 N/m²

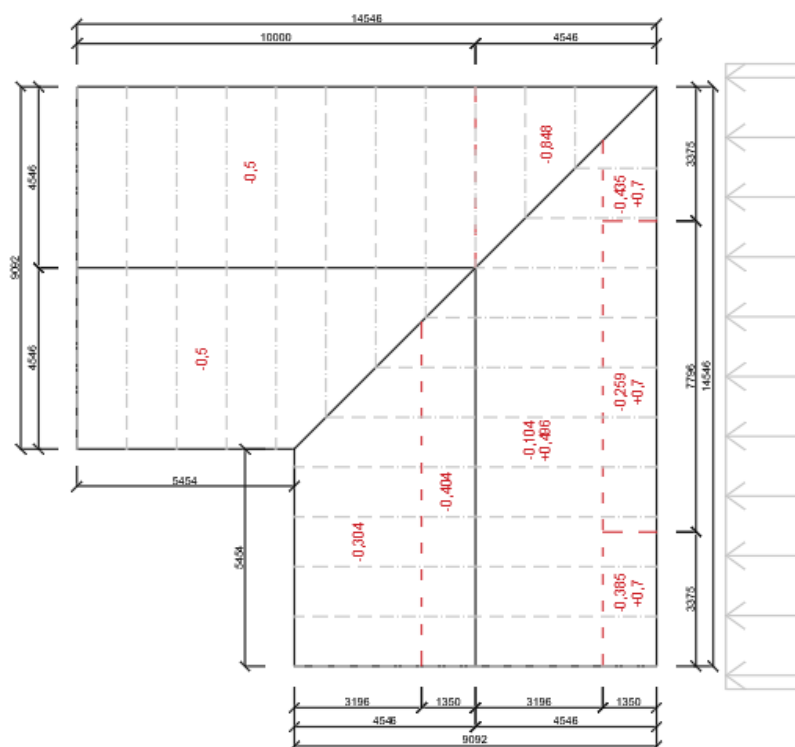
Zatěžované plochy střechy se rozdělily na oblasti pro dané součinitele tlaku tak, jak to udává pro sedlové střechy norma ČSN EN 1991-1-4. V potaz se vzaly čtyři základní směry větru, protože se jedná o stavbu půdorysného tvaru L, tudíž působení větru na konstrukci bude z každé strany jiné. Ve výsledku se uvažovalo osm zatěžovacích z toho důvodu, že při všech směrech větru působí na část střechy tlak anebo naopak sání.



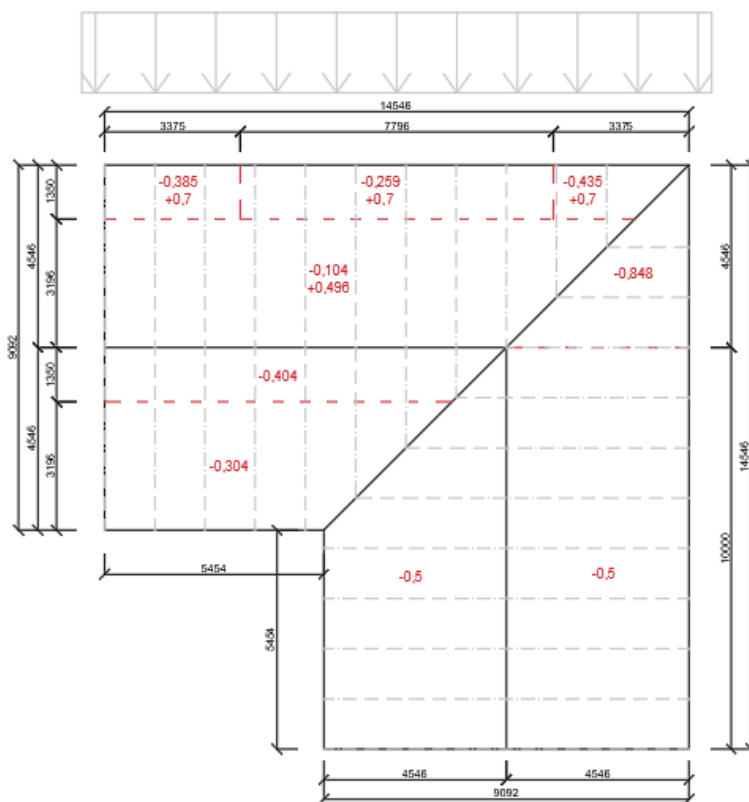
Obrázek 24 – Zatížení větrem – západní vítr



Obrázek 25 – Zatížení větrem – jižní vítr



Obrázek 26 – Zatížení větrem – východní vítr



Obrázek 27 – Zatížení větrem – severní vítr

4.2.3. ZATĚŽOVACÍ STAVY

Tabulka 4 – Stálé zatížení

Zatěžovací stav 1	Vlastní tíha	Zatížení generované programem SCIA Engineer 17.1
Zatěžovací stav 2	Ostatní stálé zatížení	Vlastní tíha střešního pláště (viz <i>Obrázek 15</i>)

Tabulka 5 – Proměnné zatížení (sníh)

Zatěžovací stav 3	Plné zatížení sněhem na celé střeše s přitížením v úžlabí (viz <i>Obrázek 17</i>)
Zatěžovací stav 4	Plné zatížení sněhem na celé střeše bez přitížení v úžlabí (viz <i>Obrázek 17</i>)
Zatěžovací stav 5	Plné zatížení sněhem na závětrné straně a poloviční na straně návětrné s přitížením v úžlabí (viz <i>Obrázek 18 – a</i>)
Zatěžovací stav 6	Plné zatížení sněhem na závětrné straně a poloviční na straně návětrné bez přitížení v úžlabí (viz <i>Obrázek 18 – a</i>)
Zatěžovací stav 7	Plné zatížení sněhem na závětrné straně a poloviční na straně návětrné s přitížením v úžlabí (viz <i>Obrázek 18 – b</i>)
Zatěžovací stav 8	Plné zatížení sněhem na závětrné straně a poloviční na straně návětrné bez přitížení v úžlabí (viz <i>Obrázek 18 – b</i>)
Zatěžovací stav 9	Plné zatížení sněhem na závětrné straně a poloviční na straně návětrné s přitížením v úžlabí (viz <i>Obrázek 19 – a</i>)
Zatěžovací stav 10	Plné zatížení sněhem na závětrné straně a poloviční na straně návětrné bez přitížení v úžlabí (viz <i>Obrázek 19 – a</i>)
Zatěžovací stav 11	Plné zatížení sněhem na závětrné straně a poloviční na straně návětrné s přitížením v úžlabí (viz <i>Obrázek 19 – b</i>)
Zatěžovací stav 12	Plné zatížení sněhem na závětrné straně a poloviční na straně návětrné bez přitížení v úžlabí (viz <i>Obrázek 19 – b</i>)
Zatěžovací stav 13	Plné zatížení sněhem na závětrné straně a poloviční na straně návětrné s přitížením v úžlabí (viz <i>Obrázek 20 – a</i>)
Zatěžovací stav 14	Plné zatížení sněhem na závětrné straně a poloviční na straně návětrné bez přitížení v úžlabí (viz <i>Obrázek 20 – a</i>)
Zatěžovací stav 15	Plné zatížení sněhem na závětrné straně a poloviční na straně návětrné s přitížením v úžlabí (viz <i>Obrázek 20 – b</i>)
Zatěžovací stav 16	Plné zatížení sněhem na závětrné straně a poloviční na straně návětrné bez přitížení v úžlabí (viz <i>Obrázek 20 – b</i>)

Tabulka 6 – Proměnné zatížení (vítr)

Zatěžovací stav 17	Vítr ze západu – sání (viz <i>Obrázek 24</i>)
Zatěžovací stav 18	Vítr ze západu – tlak (viz <i>Obrázek 24</i>)
Zatěžovací stav 19	Vítr z jihu – sání (viz <i>Obrázek 25</i>)
Zatěžovací stav 20	Vítr z jihu – tlak (viz <i>Obrázek 25</i>)
Zatěžovací stav 21	Vítr z východu – sání (viz <i>Obrázek 26</i>)
Zatěžovací stav 22	Vítr z východu – tlak (viz <i>Obrázek 26</i>)
Zatěžovací stav 23	Vítr ze severu – sání (viz <i>Obrázek 27</i>)
Zatěžovací stav 24	Vítr ze severu – tlak (viz <i>Obrázek 27</i>)

4.2.4. KOMBINACE

Zatěžovací stavy od působení sněhu byly zařazeny do výběrové skupiny zatížení. Tato výběrová skupina při vytváření kombinací zatížení uvažuje do kombinace vždy jen jeden zatěžovací stav z této skupiny. Do další výběrové skupiny byly zařazeny zatěžovací stavy od působení větru.

Jako typ kombinace mezní stav únosnosti bylo zvoleno EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor b, kterému odpovídají rovnice 6.10a a 6.10b z normy ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí. Uvažuje se méně příznivá hodnota z obou těchto kombinací.

$$(6.10a) \quad \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (1)$$

$$(6.10b) \quad \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (2)$$

Pro mezní stav použitelnosti se uvažovala kombinace charakteristických zatížení – EN-MSP charakteristická.

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j+P+Q_{k,1}} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (3)$$

Tabulka 7 – Hodnoty součinitelů

Součinitel zatížení	Stálá zatížení	Příznivé účinky	$\gamma_G = 1,00$
		Nepříznivé účinky	$\gamma_G = 1,35$
	Proměnná zatížení	Příznivé účinky	$\gamma_Q = 1,00$
		Nepříznivé účinky	$\gamma_Q = 1,50$
Kombinační součinitel	Zatížení sněhem		$\psi_0 = 0,50$
	Zatížení větrem		$\psi_0 = 0,60$
Redukční součinitel			$\xi = 0,85$

5. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Dřevo jako stavební materiál má v různých směrech rozdílné vlastnosti. Materiálem použitým pro krov v této konstrukci je smrkové dřevo pevnosti C24.

Tabulka 8 – Materiálové vlastnosti rostlého dřeva pevnosti C24 (charakteristické hodnoty)

Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$	24 MPa
Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	14,5 MPa
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$	0,4 MPa
Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k}$	21 MPa
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$	2,5 MPa
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	4,0 MPa
Modul pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,mean}$	11 GPa
	$E_{0,05}$	7,4 GPa
Modul pružnosti kolmo na vlákna	$E_{90,mean}$	0,37 GPa
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	0,69 GPa
Průměrná hustota	ρ_k	420 kg/m ³

Návrhové hodnoty pevnostních vlastností se spočtou za pomoci vzorce [11]:

$$X_d = k_{mod} \frac{X_k}{\gamma_M} \quad (4)$$

Hodnoty součinitelů

$k_{mod} = 0,90$ - modifikační součinitel zohledňující vliv trvání zatížení a vlhkosti

- třída vlhkosti 2, rostlé dřevo, krátkodobé trvání zatížení

$\gamma_M = 1,30$ - dílčí součinitel vlastnosti materiálu

- rostlé dřevo

Tabulka 9 – Návrhové materiálové charakteristiky

Pevnost v ohybu	$f_{m,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 0,9 \cdot 24 / 1,3 = 16,615 \text{ MPa}$
Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 0,9 \cdot 14,5 / 1,3 = 10,038 \text{ MPa}$
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,d} = k_{mod} \cdot f_{t,90,k} / \gamma_M = 0,9 \cdot 0,4 / 1,3 = 0,277 \text{ MPa}$
Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 0,9 \cdot 21 / 1,3 = 14,538 \text{ MPa}$
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot f_{c,90,k} / \gamma_M = 0,9 \cdot 2,5 / 1,3 = 1,731 \text{ MPa}$
Pevnost ve smyku	$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 0,9 \cdot 4 / 1,3 = 2,769 \text{ MPa}$

Uvedené hodnoty odpovídají dřevu při teplotě 20 °C a relativní vlhkosti 65 %.

5.1. ZPŮSOBY NAMÁHÁNÍ PRVKŮ KROVU

Prvky namáhané tlakem, tahem, ohybem, smykem, kroucením a kombinací těchto namáhání, které jsou z rostlého nebo lepeného lamelového dřeva, jsou podmíněny danými pravidly [11].

TAH VE SMĚRU VLÁKEN

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d} \quad (5)$$

kde: $\sigma_{t,0,d}$ je návrhová hodnota tahového napětí ve směru vláken

$f_{t,0,d}$ je návrhová hodnota pevnosti v tahu ve směru vláken

TAH KOLMO NA VLÁKNA

$$\sigma_{t,90,d} \leq f_{t,90,d} \quad (6)$$

kde: $\sigma_{t,90,d}$ je návrhová hodnota tahového napětí kolmo na vlákna

$f_{t,90,d}$ je návrhová hodnota pevnosti v tahu kolmo na vlákna

TLAK VE SMĚRU VLÁKEN

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d} \quad (7)$$

kde: $\sigma_{c,0,d}$ je návrhová hodnota tlakového napětí ve směru vláken

$f_{c,0,d}$ je návrhová hodnota pevnosti v tlaku ve směru vláken

TLAK KOLMO NA VLÁKNA

$$\sigma_{c,90,d} \leq f_{c,90,d} \quad (8)$$

kde: $\sigma_{c,90,d}$ je návrhová hodnota tlakového napětí kolmo na vlákna

$f_{c,90,d}$ je návrhová hodnota pevnosti v tlaku kolmo na vlákna

OHYB

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (9)$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (10)$$

kde: $\sigma_{m,y,d}$ a $\sigma_{m,z,d}$ jsou návrhové hodnoty ohybových napětí k hlavním osám
 $f_{m,y,d}$ a $f_{m,z,d}$ jsou návrhové hodnoty pevnosti v ohybu

SMYK

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad (11)$$

kde: τ_d je návrhová hodnota napětí ve smyku
 $f_{v,d}$ je návrhová hodnota pevnosti ve smyku

KROUCENÍ

$$\tau_{tor,d} \leq f_{v,d} \quad (12)$$

kde: τ_d je návrhová hodnota napětí od kroucení
 $f_{v,d}$ je návrhová hodnota pevnosti ve smyku

OHYB A TAH

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (13)$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (14)$$

OHYB A TLAK

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (15)$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (16)$$



VZPĚR

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{mzd}} \leq 1 \quad (17)$$

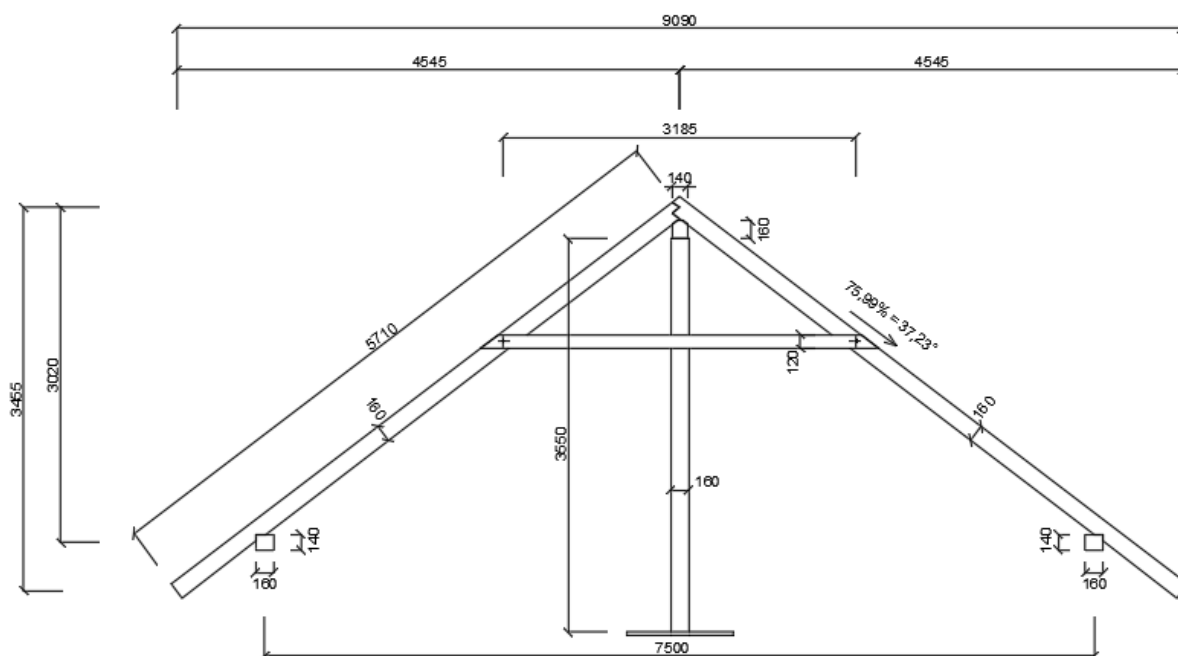
$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{mzd}} \leq 1 \quad (18)$$

6. KROV S VRCHOLOVOU VAZNICÍ

Krov se skládá z typických nosných prvků, kterými jsou obyčejné, nárožní a úžlabné krokve, vrcholové vaznice, kleštiny, sloupky, pásky a pozednice. Krokve jsou od sebe běžně osově vzdáleny 1,250 metrů, pouze u štítových stěn je osová vzdálenost krokví 1,210 metrů. Vzdálenost sloupků je 10 metrů. Kotvení pozednice je uvažované pomocí pásovin, která je kotvena do věnce po vzdálenostech 1,250 metrů.

6.1. GEOMETRIE JEDNOTLIVÝCH PRVKŮ

Krokve jsou na pozednici uloženy osedláním, každý pár běžných krokví je spojen kloubově. Vrcholové vaznice jsou osazeny na sloupky a podepírají krokve. Kleštiny jsou vodorovné prvky připojené ke krokším kloubově, které jsou řešeny párově. Pásky jsou u střední vazby oboustranné a u vazby při štítové stěně jednostranné. Pozednice jsou uloženy na plocho, jejich průřez je 160 x 140 mm.



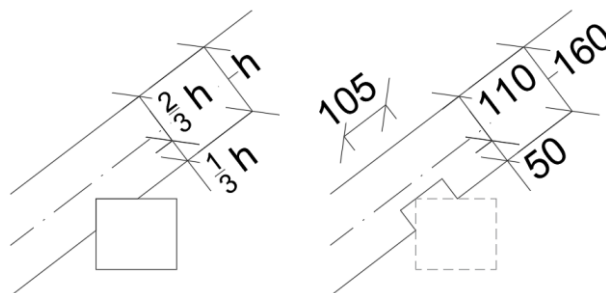
Obrázek 28 – Geometrie prvků (krov s vrcholovou vaznicí)

Tabulka 10 – Průřezy a délky prvků (krov s vrcholovou vaznicí)

Prvek	Délka [mm]	Průřez [mm]
Běžná krokve	5 710	100 x 160
Nárožní/Úžlabní krokve	7 300	100 x 160
Vrcholová vaznice	10 000	140 x 160
Kleštiny	3 185	40 x 120
Sloupky	3 550	160 x 160
Pásy	1 765	140 x 140

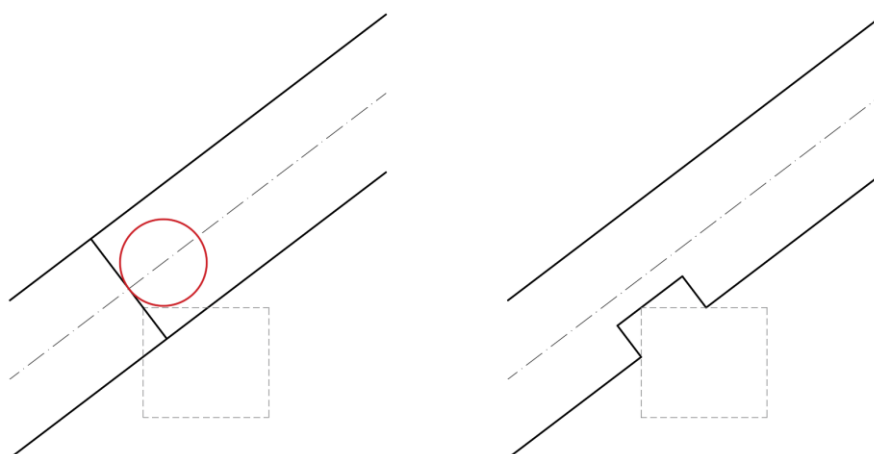
Osedlání krokve na pozednici

Osedlání se provede zásahem vaznice do krokve, tudíž má krokve oslabený průřez v místě spojení s vaznicí. Oslabený průřez krokve zapříčiní i nižší ohybovou tuhost krokve. Tento zásah do krokve se musí zohlednit v modelu konstrukce.



Obrázek 29 – Řešení osedlání krokve

Osedlání krokve se v modelu řeší dvěma způsoby, buď jako oslabený průřez nebo vložním kloubu na prut v místě podpory. V jednotlivých modelech je uvedeno, který způsob byl použit.



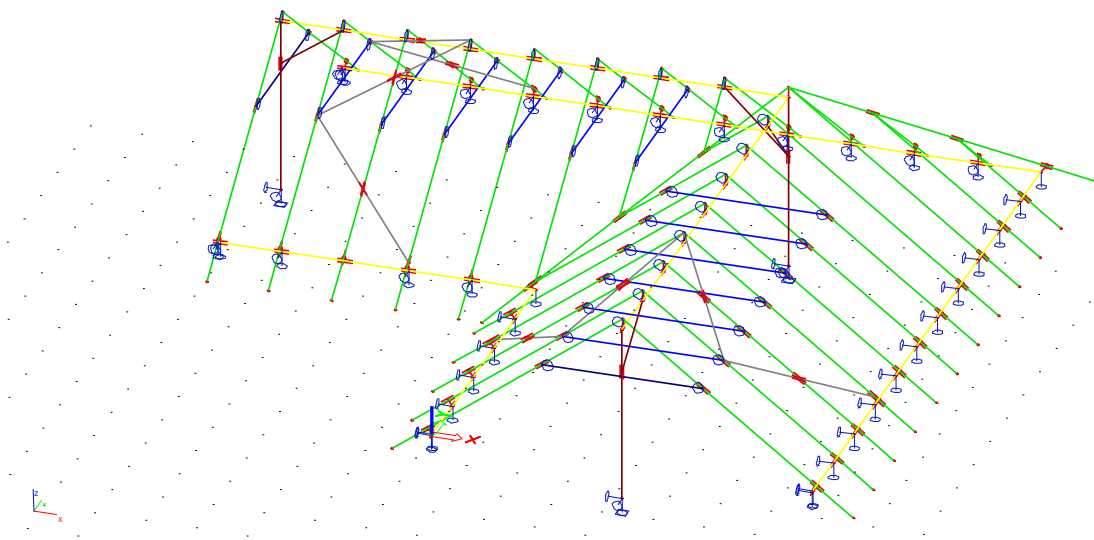
Obrázek 30 – Osedlání krokve v modelech

Vlevo je řešení osedlání pomocí kloubu, vpravo je řešení pomocí oslabení krokve.

6.2. MODEL 1

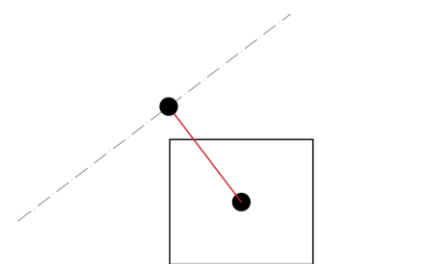
Jedná se o prostorový model, kde jsou pruty soustavy vzájemně spojeny v uzlech. Uzly jsou definovány pomocí parametrů deformací. Osedlání krokve na pozednici řešeno oslabením průřezu krokve. Oslabení se v programu vymodelovalo pomocí proměnného průřezu typu – prizmatický, kde lícují horní hrany oslabeného a plného průřezu. Oslabení se uvažuje po délce 105 mm (viz Obrázek 30-vpravo).

Z prostorového řešení bude posuzován vždy pátý rám od štítové stěny. Jedná se o rám neoslabený zavětrováním, který je spojený pomocí kleštin.



Obrázek 31 – Schéma prostorového modelu č.1

V prutovém modelu se neprotnou osy krokví a pozednice, proto se mezi těmito prvky ke spojení použilo tuhé rameno. Jedná se o nekonečně tuhé spojení dvou uzlů, které je definováno řídicím uzlem a závislým uzlem. Toto tuhé rameno přenese posouvající síly, normálové síly, a také momenty (bude rozebráno uvedeno níže).



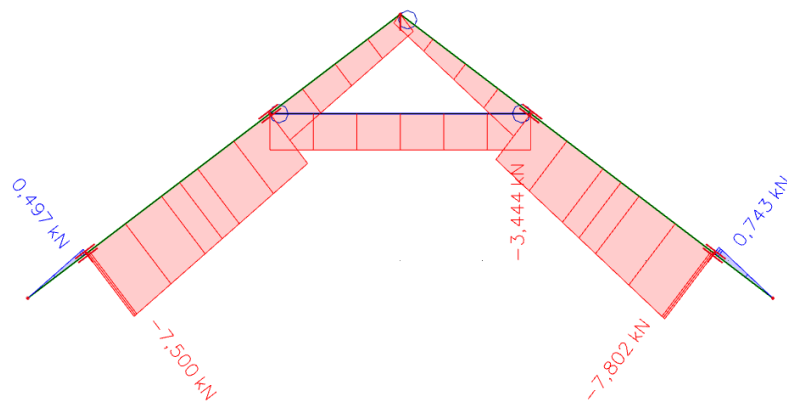
Obrázek 32 – Tuhé rameno

Na obrázku jsou viditelné uzly spojené tuhým ramenem, průřez vaznice a osa krokve.

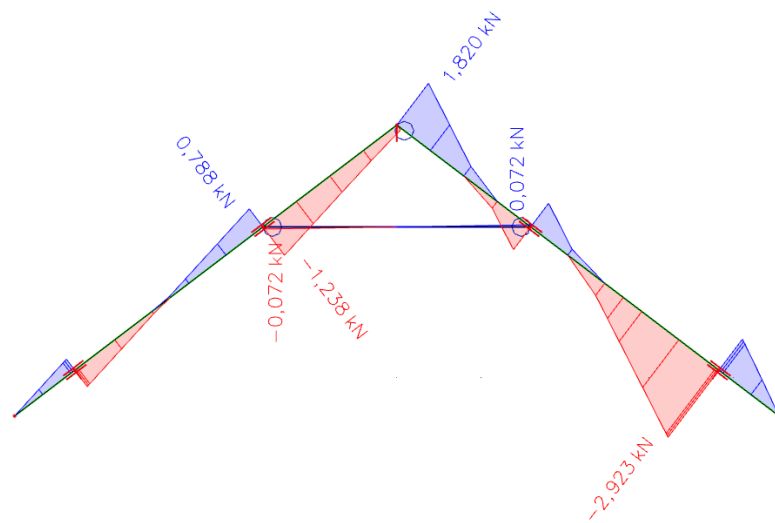
6.2.1. VNITŘNÍ SÍLY A NAPĚTÍ

Pro zobrazení výsledků byla využita kombinace pro mezní stav únosnosti. Tato kombinace obsahovala výběrové skupiny nahodilých zatížení. Pro stanovení výsledků byla zjištěna rozhodující kombinace zatížení a z ní převzaty vnitřní síly.

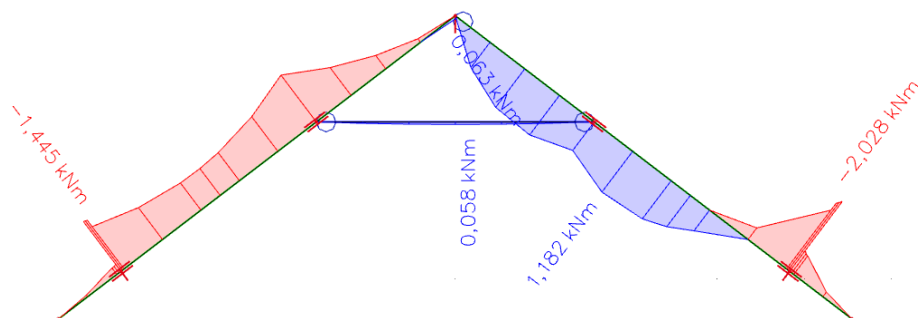
Rozhodující kombinace pro MSÚ: $C=1,15 \cdot (ZS1+ZS2)+1,50 ZS10+0,90 ZS20$



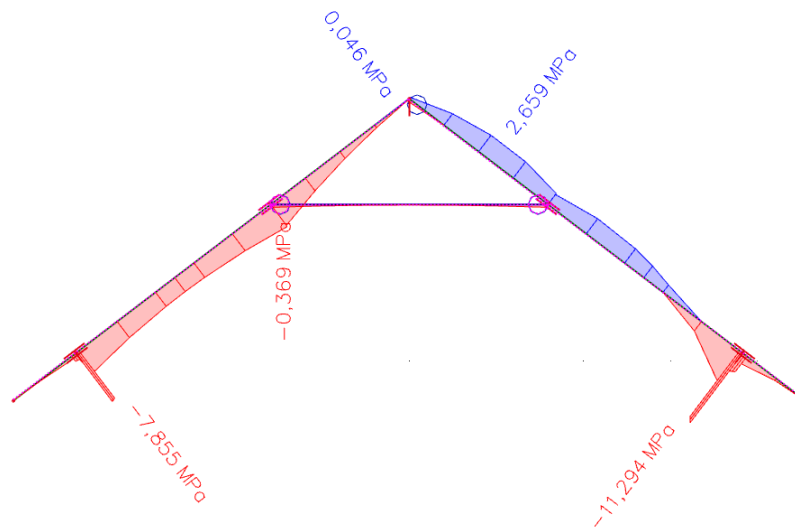
Obrázek 33 – Průběh normálových sil N



Obrázek 34 – Průběh posouvajících sil V_z



Obrázek 35 – Průběh ohybových momentů M_y

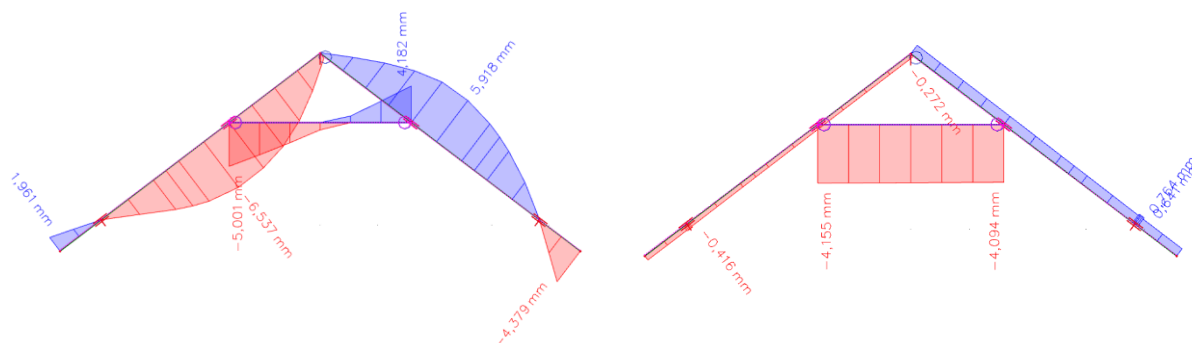


Obrázek 36 – Průběh normálového napětí

6.2.2. DEFORMACE

Ke stanovení deformací se vycházelo z rozhodující kombinace pro mezní stav použitelnosti.

Rozhodující kombinace pro MSP: $C=1,0(ZS1+ZS2)+0,50 \cdot ZS8+1,0 \cdot ZS24$



Obrázek 37 – Deformace u_z – vlevo, u_x – vpravo

6.2.3. POSOUZENÍ – MSÚ

Levá krokev

Posudek v místě maximálního namáhání prvku – u neposuvné podpory.

Posouzení pomocí softwaru:

Tabulka 11 – Výstup ze SCIA Engineer

Vnitřní síly		
NEd	-7,500	kN
Vy,Ed	0,002	kN
Vz,Ed	-0,715	kN
TEd	0,001	kNm
My,Ed	-1,445	kNm
Mz,Ed	0,002	kNm

Tabulka 12 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)

$f_{c,0,d}$	14,538	MPa
$f_{m,y,d}$	17,679	MPa
$f_{m,z,d}$	18,019	MPa
km	0,70	

Jednotkový posudek (6.19) = 0,00 + 0,41 + 0,00 = 0,41 -

Jednotkový posudek (6.20) = 0,00 + 0,28 + 0,00 = 0,29 -

Ruční výpočet:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left(\frac{\frac{N}{A}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\frac{My}{W_{el,y}}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\frac{Mz}{W_{el,z}}}{f_{m,z,d}} =$$

$$= \left(\frac{\frac{-7,500}{0,011}}{14538}\right)^2 + \frac{\frac{1,445}{2,0167 \cdot 10^{-4}}}{17679} + 0,7 \frac{\frac{0,002}{1,8333 \cdot 10^{-4}}}{18019} = 0,408 \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left(\frac{\frac{N}{A}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\frac{My}{W_{el,y}}}{f_{m,y,d}} + \frac{\frac{Mz}{W_{el,z}}}{f_{m,z,d}} =$$

$$= \left(\frac{\frac{-5,942}{0,016}}{14538}\right)^2 + 0,7 \frac{\frac{1,359}{4,2667 \cdot 10^{-4}}}{16615} + \frac{\frac{0,002}{2,6667 \cdot 10^{-4}}}{18019} = 0,287 \leq 1$$

VYHOVUJE

Pravá krokve

Posudek proveden v místě neposuvné podpory.

Tabulka 13 – Výstup ze SCIA Engineer

Vnitřní síly		
N _{Ed}	-7,802	kN
V _{y,Ed}	-0,038	kN
V _{z,Ed}	-2,923	kN
T _{Ed}	-0,003	kNm
M _{y,Ed}	-2,028	kNm
M _{z,Ed}	-0,097	kNm

Tabulka 14 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)

$f_{c,0,d}$	14,538	MPa
$f_{m,y,d}$	17,679	MPa
$f_{m,z,d}$	18,019	MPa
km	0,70	

Jednotkový posudek (6.19) = 0,00 + 0,57 + 0,02 = 0,59 -

Jednotkový posudek (6.20) = 0,00 + 0,40 + 0,03 = 0,43 -

VYHOVUJE

Kleština

Posudek proveden v polovině rozpětí.

Tabulka 15 – Výstup ze SCIA Engineer

Vnitřní síly		
NEd	-3,444	kN
Vy,Ed	0,000	kN
Vz,Ed	-0,001	kN
TEd	0,000	kNm
My,Ed	-0,005	kNm
Mz,Ed	0,058	kNm

Tabulka 16 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)

$f_{c,0,d}$	14,538	MPa
$f_{m,y,d}$	16,615	MPa
$f_{m,z,d}$	16,615	MPa
km	1,00	

Jednotkový posudek (6.19) = $0,00 + 0,00 + 0,02 = 0,02$ -

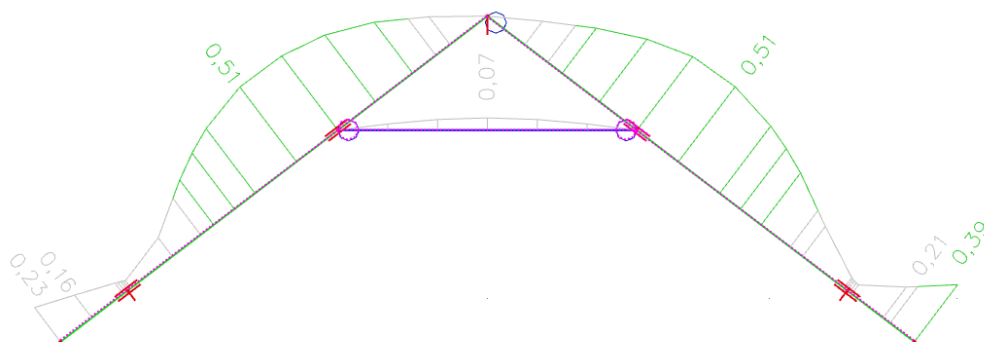
Jednotkový posudek (6.20) = $0,00 + 0,00 + 0,02 = 0,02$ -

VYHOVUJE

6.2.4. POSOUZENÍ – MSP

Maximální průhyb krokví nastane mezi v řezu $dx=2,554$ m – což odpovídá místu mezi podepřením krokve neposuvnou podporou a připojenou kleštinou.

Posouzení pomocí softwaru:



Obrázek 38 – Výstup ze SCIA Engineer (posouzení MSP)

VYHOVUJE

6.3. MODEL 1-1

Kromě prostorových modelů ke znázornění spolupůsobení konstrukce, byly vytvořeny také rovinné modely. Zmiňované rovinné modely nejsou přesným řešením konstrukce, slouží k porovnání výsledků s prostorovým modelem. Výsledky jednotlivých modelů budou zobrazeny dále.

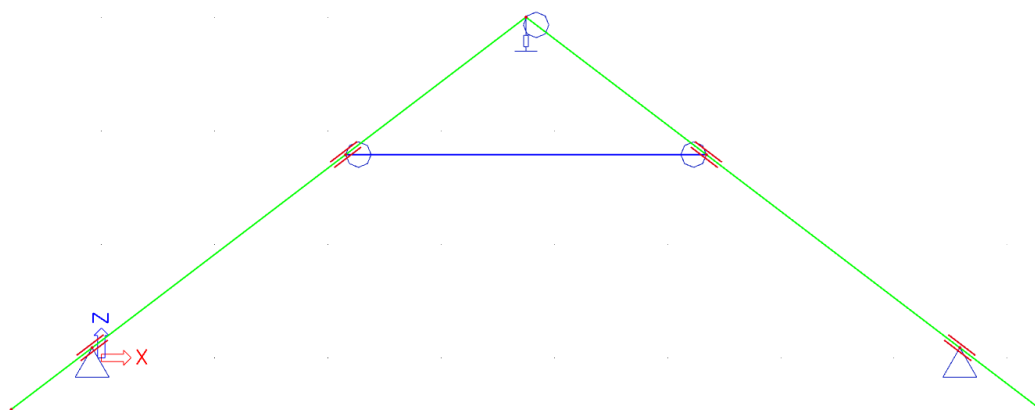
Tento rovinný model reprezentuje jeden pár krokví z prostorového řešení. Jeho statické schéma je stejné jako statické schéma z prostorového výstupu. Osedlání je zde řešeno oslabením průřezu krokve (viz Obrázek 30-vpravo). Funkce vrcholové vaznice zde byla nahrazena podporou pružnou ve směru osy Z a posuvnou ve směru osy X.

Skládá se ze dvou prutů působících jako prosté nosníky s převislými konci, které fungují jako krokve, které jsou ve vrcholu spojeny kloubově neboli ostřihem. Kleštiny jsou na obou svých koncích modelovány s klouby.

Veškeré zatížení z pláště střechy přenáší krokve na ostatní nosné prvky

Pružná podpora

Její pérová konstanta byla vypočtena z reakcí krokví. Reakce se přepočítaly na spojitě zatížení, ze kterého byl spočten průhyb vaznice. Z vypočteného spojitého zatížení a průhybu se určila síla, která podělením vzdáleností krokví udala pérovou konstantu. Při výpočtu se vycházelo ze vztahu pro výpočet pérové konstanty $\omega = \frac{1}{\delta}$.



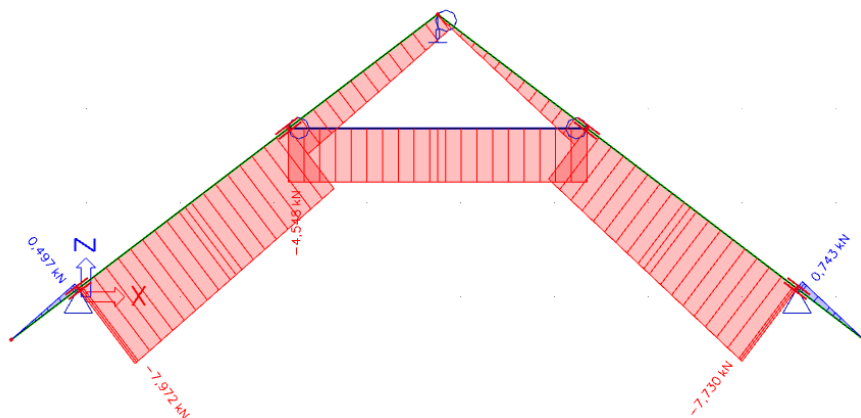
Obrázek 39 – MODEL 1-1 (rovinný)

V místech uložení krokve na pozednice jsou obě podpory modelovány jako neposuvné vazby.

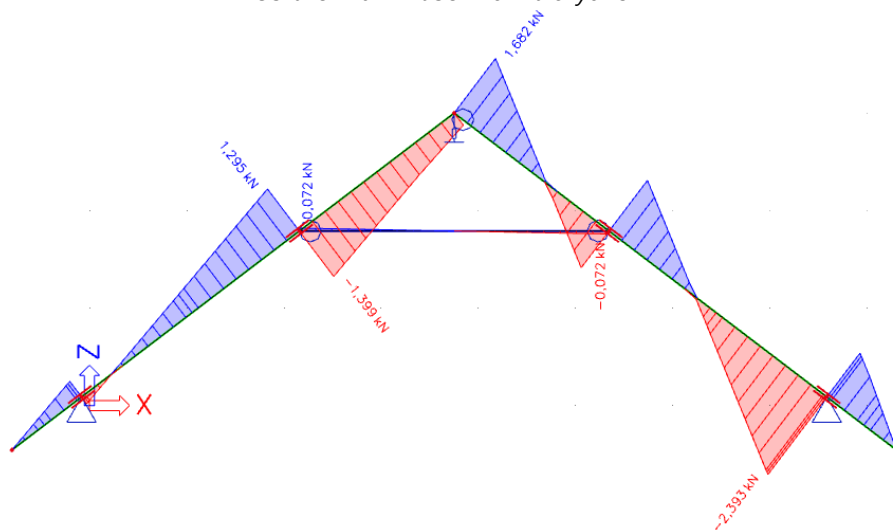
6.3.1. VNITŘNÍ SÍLY A NAPĚTÍ

Pro řešení rovinné konstrukce se vybrala stejná rozhodující kombinace, jako pro prostorový model.

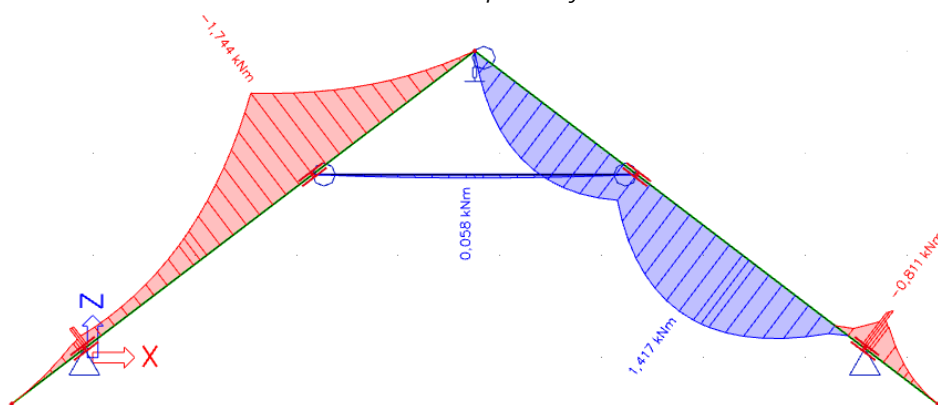
Rozhodující kombinace pro MSÚ: $C=1,15 \cdot (ZS1+ZS2)+1,50 \cdot ZS10+0,90 \cdot ZS20$



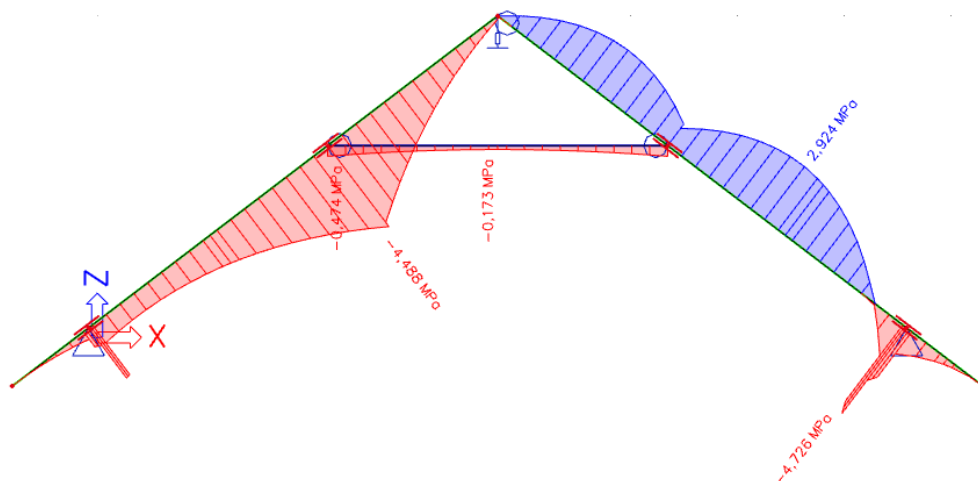
Obrázek 40 – Průběh normálových sil N



Obrázek 41 – Průběh posouvajících sil V_z



Obrázek 42 – Průběh ohybových momentů M_y

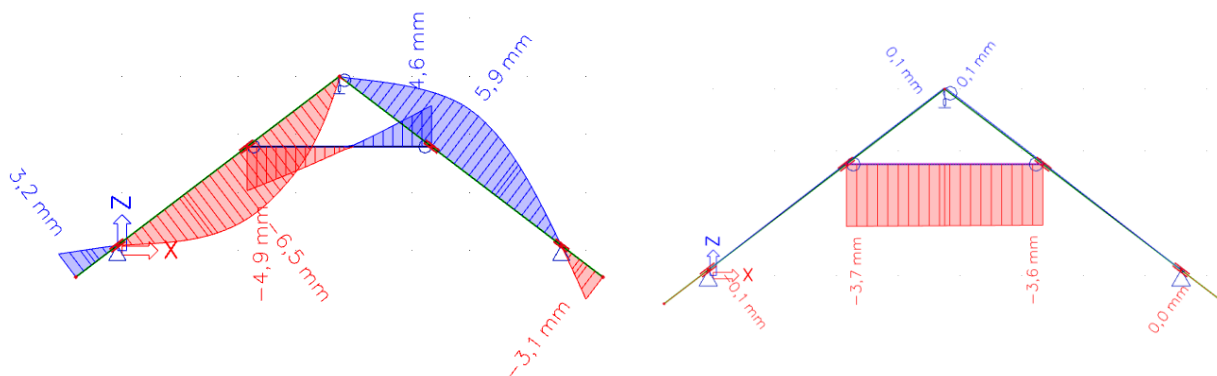


Obrázek 43 – Průběh normálového napětí

6.3.2. DEFORMACE

Pro určení deformací se použila kombinace stejná, jako u prostorového řešení.

Rozhodující kombinace pro MSP: $C=1,0(ZS1+ZS2)+0,50ZS8+1,0ZS24$



Obrázek 44 – Deformace u_z – vlevo, u_x – vpravo

6.3.3. POSOUZENÍ – MSÚ

Levá krokve

Posouzení je provedeno na levé krokvi ve vzdálenosti $d_x=2,0$ m, což odpovídá místu, kde je napojena kleština na krokve.

Posouzení softwarem:

Tabulka 17 – Výstup ze SCIA Engineer

Vnitřní síly		
NEd	-6,414	kN
Vy,Ed	0,000	kN
Vz,Ed	1,295	kN
TEd	0,000	kNm
My,Ed	-1,744	kNm
Mz,Ed	0,000	kNm

Tabulka 18 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)

$f_{c,0,d}$	14,538	MPa
$f_{m,y,d}$	16,615	MPa
km	0,70	

Jednotkový posudek (6.19) = 0,00 + 0,25 + 0,00 = 0,25 -

Jednotkový posudek (6.20) = 0,00 + 0,17 + 0,00 = 0,17 -

Ruční výpočet:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left(\frac{\frac{N}{A}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\frac{My}{Wel,y}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\frac{Mz}{Wel,z}}{f_{m,z,d}} =$$

$$= \left(\frac{\frac{-6,414}{0,016}}{14538}\right)^2 + \frac{\frac{1,744}{4,2667 \cdot 10^{-4}}}{16615} + 0 = 0,247 \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left(\frac{\frac{N}{A}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\frac{My}{Wel,y}}{f_{m,y,d}} + \frac{\frac{Mz}{Wel,z}}{f_{m,z,d}} =$$

$$= \left(\frac{\frac{-6,414}{0,016}}{14538}\right)^2 + 0,7 \frac{\frac{1,744}{4,2667 \cdot 10^{-4}}}{16615} + 0 = 0,173 \leq 1$$

VYHOVUJE

Kleština

Výpočet posouzení je proveden v polovině rozpětí kleštiny.

Posouzení softwarem:

Tabulka 19 – Výstup ze SCIA Engineer

Vnitřní síly		
N _{Ed}	-4,548	kN
V _{y,Ed}	0,000	kN
V _{z,Ed}	0,000	kN
T _{Ed}	0,000	kNm
M _{y,Ed}	0,000	kNm
M _{z,Ed}	0,058	kNm

Tabulka 20 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)

$f_{c,0,d}$	14,538	MPa
$f_{m,z,d}$	16,615	MPa
km	1,00	

Jednotkový posudek (6.19) = 0,00 + 0,00 + 0,02 = 0,02 -

Jednotkový posudek (6.20) = 0,00 + 0,00 + 0,02 = 0,02 -

Ruční výpočet:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left(\frac{N}{A}\right)^2 + \frac{My}{Wel,y} + k_m \frac{Mz}{Wel,z} =$$

$$= \left(\frac{-4,548}{0,0096}\right)^2 + 0 + 1,0 \frac{0,058}{5,3689 \cdot 10^{-4}} = 0,008 \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left(\frac{N}{A}\right)^2 + k_m \frac{My}{Wel,y} + \frac{Mz}{Wel,z} =$$

$$= \left(\frac{-4,548}{0,0096}\right)^2 + 0 + \frac{0,058}{5,3689 \cdot 10^{-4}} = 0,008 \leq 1$$

VYHOVUJE

6.3.4. POSOUZENÍ – MSP

Maximální průhyb krokví je v řezu $d_x = 2,488$ m. Jedná se o místo mezi pevnou podporou a kloubově připojenou kleštinou. Průhyb u_z je v tomto místě 6,5 mm.

Ruční výpočet:

$$w = 6,5 \text{ mm}$$

$$w_{lim} = \frac{l}{300} = \frac{4812}{300} = 0,016 \text{ m} = 16,04 \text{ mm}$$

$$\frac{w}{w_{lim}} = \frac{6,5}{16,04} = 0,405 \geq 1$$

Výpočet softwarem:

Tabulka 21 – Výstup ze SCIA Engineer (posouzení MSP)

Dílec	Průřez	d_x [m]	Zatěžovací stav
	Materiál		k_{def} [-]
B1	KROKEV - OBDEL C24 (EN 338)	2,488	MSP_C1/1 0,60

VYHOVUJE

Odchylka ručního výpočtu od výsledků ze softwaru je dán tím, že program má přísnější kritéria pro limitní průhyb. Námi uvažovaný limit $l/300$ je převzat z normy, kde se limitní průhyb uvažuje v rozmezí $l/300$ až $l/500$.

Tabulka 22 – Mezní hodnoty průhybů [11]

w_{inst}	$w_{net,fin}$	w_{fin}
od $l/300$ do $l/500$	od $l/250$ do $l/350$	od $l/150$ do $l/300$

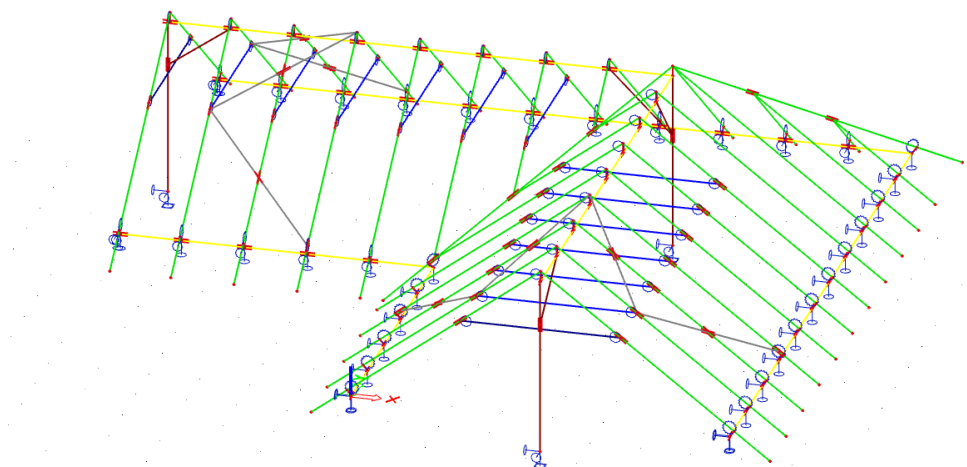
Z výsledků lze vypožorovat, že nadpodporové momenty u prostorového řešení nejsou pravděpodobně výstupem odpovídajícím skutečnosti. Vytvořením tuhého ramene ke spojení pozednice s krokvi vznikají momenty, které se projevují právě v místě podpory. Lze říci, že momentové obrazce u rovinného modelu jsou více pravděpodobné. Z grafických výstupů je zjevné, že kleštiny zdárně přejímají vodorovné síly a snižují namáhání krokvi.

Vzhledem k tomu, že při kontrolních ručních výpočtech docházelo ke stejným hodnotám, jako jsou hodnoty generované programem, není třeba dalších výpočtů.

6.4. MODEL 2

Prostorový model s vrcholovou vaznicí, u kterého je osedlání krokve na pozednici řešeno jiným způsobem. Osedlání se zde uvažuje jako kloub s tuhostí pro pootočení f_{iy} na krokvi s plným průřezem (viz Obrázek 30-vlevo).

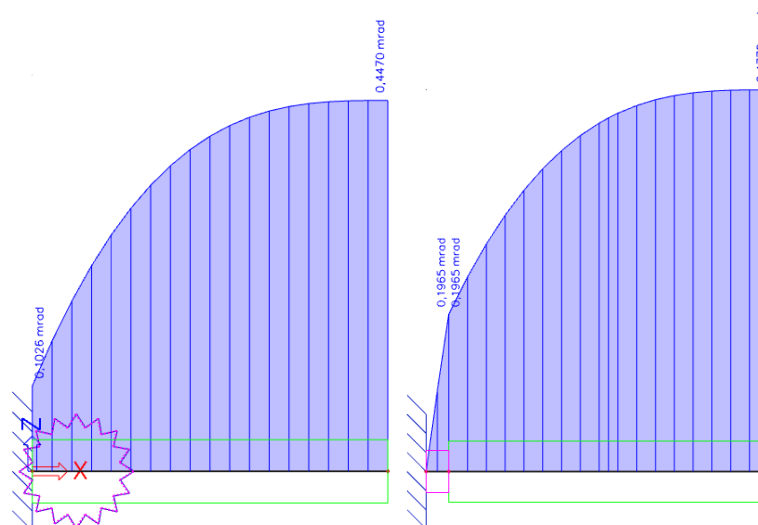
Z prostorového řešení bude posuzován vždy pátý rám od štítové stěny. Jedná se o rám neoslabený zavětrováním, který je spojený pomocí kleštin.



Obrázek 45 – Schéma prostorového modelu č.2

Tuhost kloubu

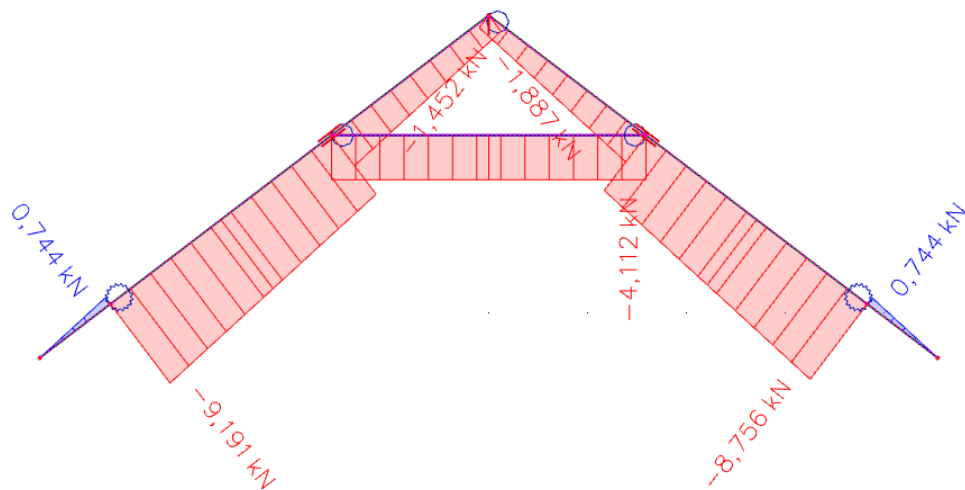
Určila se uvažováním převislého konce krokve jako konzoly, na které působí kombinace zatěžovacích stavů. Porovnávalo se pootočení konzoly s odpovídajícím oslabením a konzoly s kloubem. Výpočtem a následnou interpolací ke zpřesnění výsledků se získala hodnota tuhosti kloubu.



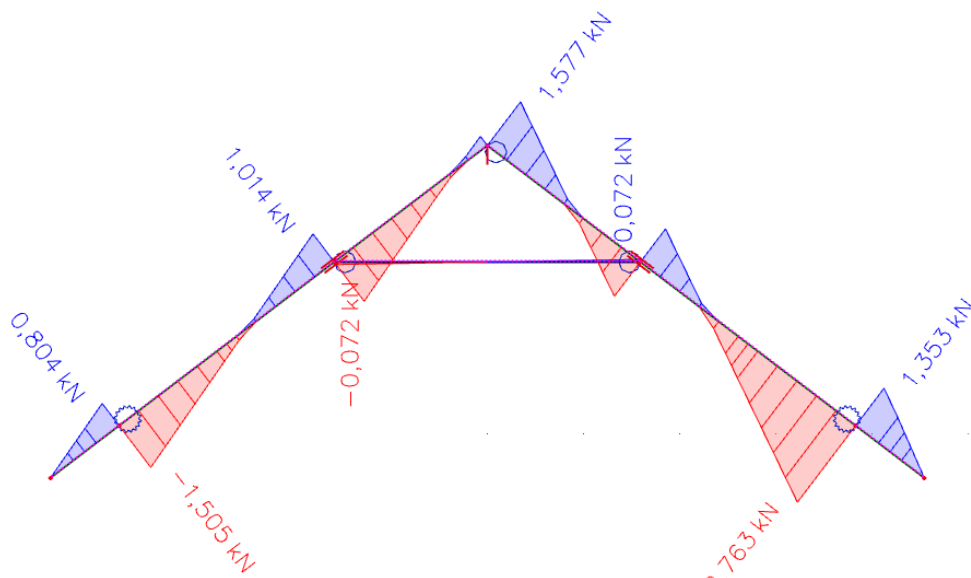
Obrázek 46 – Tuhost kloubu

6.4.1. VNITŘNÍ SÍLY A NAPĚTÍ

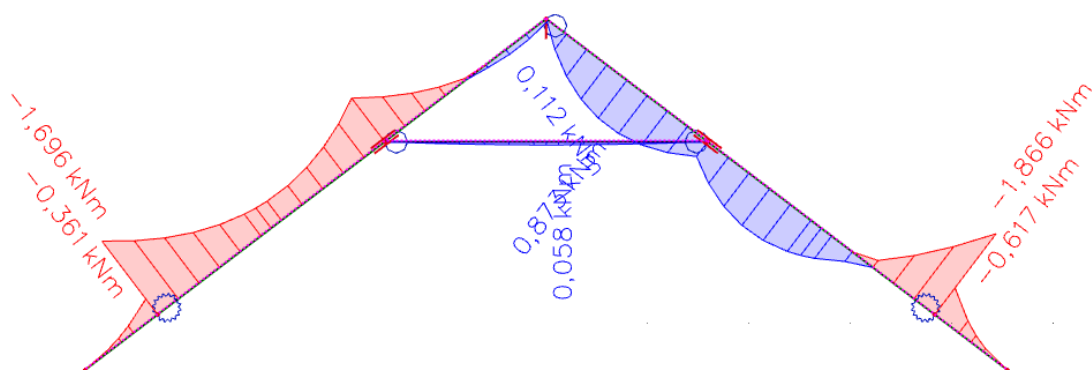
Rozhodující kombinací pro šetřený model je $C=1,15 \cdot (ZS1+ZS2)+1,50 \cdot ZS15+0,90 \cdot ZS20$



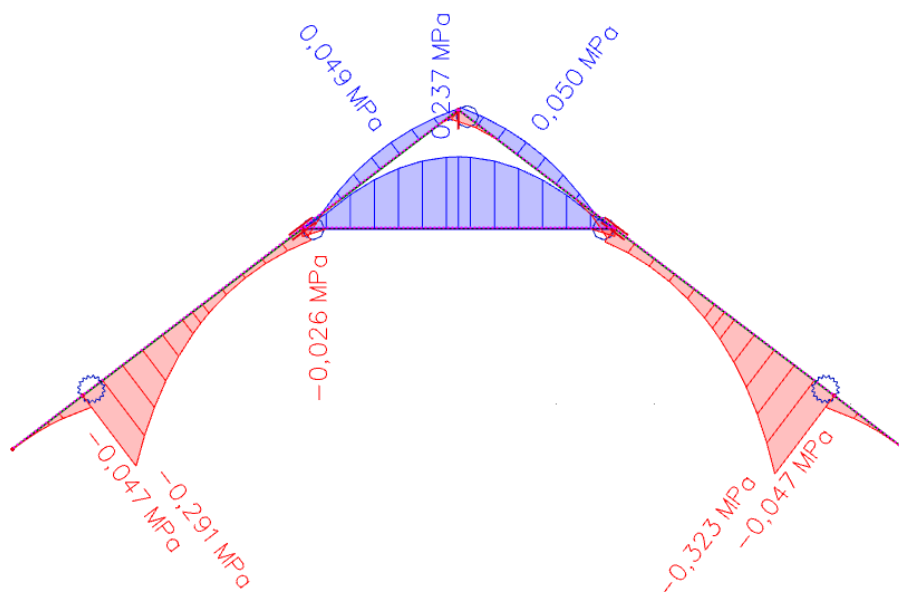
Obrázek 47 – Průběh normálových sil N



Obrázek 48 – Průběh posouvajících sil V_z



Obrázek 49 – Průběh ohybových momentů M_y

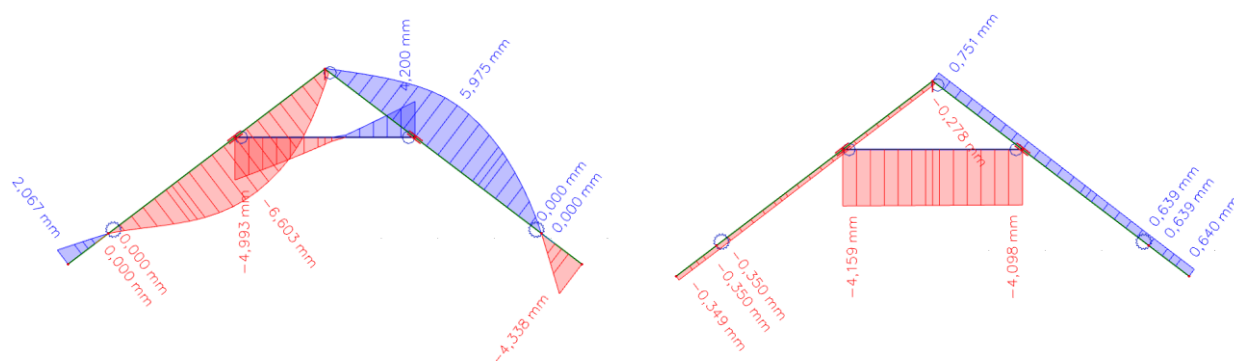


Obrázek 50 – Průběh normálových napětí

6.4.2. DEFORMACE

Pro stanovení deformací byla určena rozhodující kombinace pro MSP.

$$C = 1,0(ZS1 + ZS2) + 0,50 ZS8 + 1,0 ZS24$$



Obrázek 51 – Deformace u_z – vlevo, u_x – vpravo

6.4.3. POSOUZENÍ – MSÚ

Levá krokev

Posudek je proveden v místě největšího namáhání – u neposuvné podpory.

Tabulka 23 – Výstup ze SCIA Engineer

Vnitřní síly		
N _{Ed}	-9,191	kN
V _{y,Ed}	-0,001	kN
V _{z,Ed}	-1,505	kN
T _{Ed}	0,002	kNm
M _{y,Ed}	-1,696	kNm
M _{z,Ed}	-0,007	kNm

Tabulka 24 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)

$f_{c,0,d}$	14,538	MPa
$f_{m,y,d}$	16,615	MPa
$f_{m,z,d}$	18,019	MPa
km	0,70	

Jednotkový posudek (6.19) = $0,00 + 0,24 + 0,00 = 0,24$ -

Jednotkový posudek (6.20) = $0,00 + 0,17 + 0,00 = 0,17$ -

VYHOVUJE

Pravá krokav

Posudek proveden v místě neposuvné podpory.

Tabulka 25 – Výstup ze SCIA Engineer

Vnitřní síly		
NEd	-8,756	kN
Vy,Ed	-0,046	kN
Vz,Ed	-2,763	kN
TEd	-0,007	kNm
My,Ed	-1,866	kNm
Mz,Ed	-0,117	kNm

Tabulka 26 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)

$f_{c,0,d}$	14,538	MPa
$f_{m,y,d}$	16,615	MPa
$f_{m,z,d}$	18,019	MPa
km	0,70	

Jednotkový posudek (6.19) = $0,00 + 0,26 + 0,02 = 0,28$ -

Jednotkový posudek (6.20) = $0,00 + 0,18 + 0,02 = 0,21$ -

VYHOVUJE

Kleština

Kleština se posuzovala v jejím středu.

Tabulka 27 – Výstup ze SCIA Engineer

Vnitřní síly		
NEd	-4,112	kN
Vy,Ed	0,000	kN
Vz,Ed	-0,002	kN
TEd	0,000	kNm
My,Ed	-0,002	kNm
Mz,Ed	0,058	kNm

Tabulka 28 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)

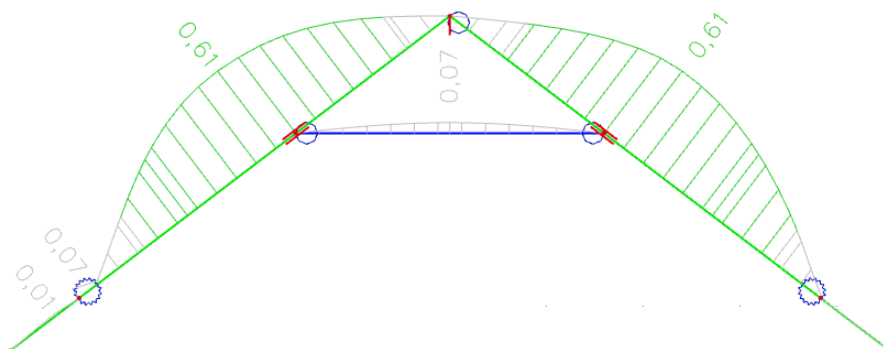
$f_{c,0,d}$	14,538	MPa
$f_{m,y,d}$	16,615	MPa
$f_{m,z,d}$	16,615	MPa
km	1,00	

Jednotkový posudek (6.19) = $0,00 + 0,00 + 0,02 = 0,02$ -

Jednotkový posudek (6.20) = $0,00 + 0,00 + 0,02 = 0,02$ -

VYHOVUJE

6.4.4. POSOUZENÍ – MSP

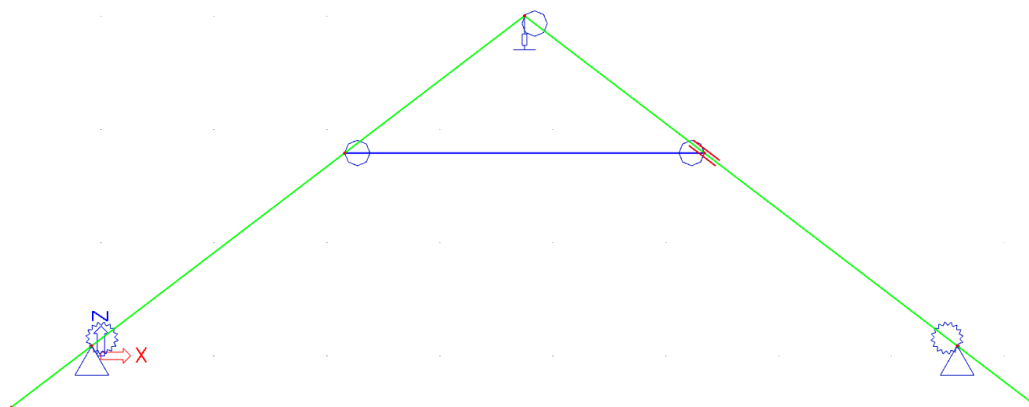


Obrázek 52 – Výstup ze SCIA Engineer (MSP)

VYHOVUJE

6.5. MODEL 2-1

Stejně jako pro model 1, tak i pro model 2 se vytvořil rovinná konstrukce. V tomto případě se jedná o rovinný model, u kterého je osedlání řešeno pomocí kloubů (viz MODEL 2-Tuhost kloubu). Vaznice je zde nahrazena podporou pružnou ve směru osy Z. Pruty s převýslými konci mají funkci krokví.



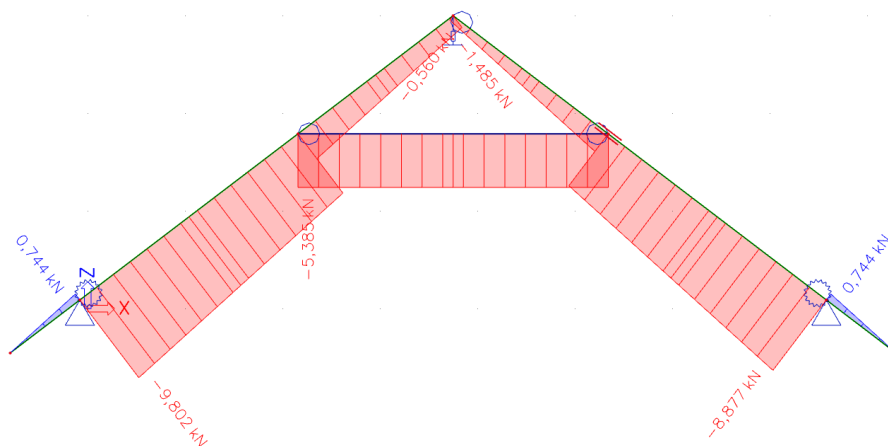
Obrázek 53 – MODEL 2-1 (rovinný)

Konstrukce je modelována s neposuvnými podporami nahrazujícími pozednice.

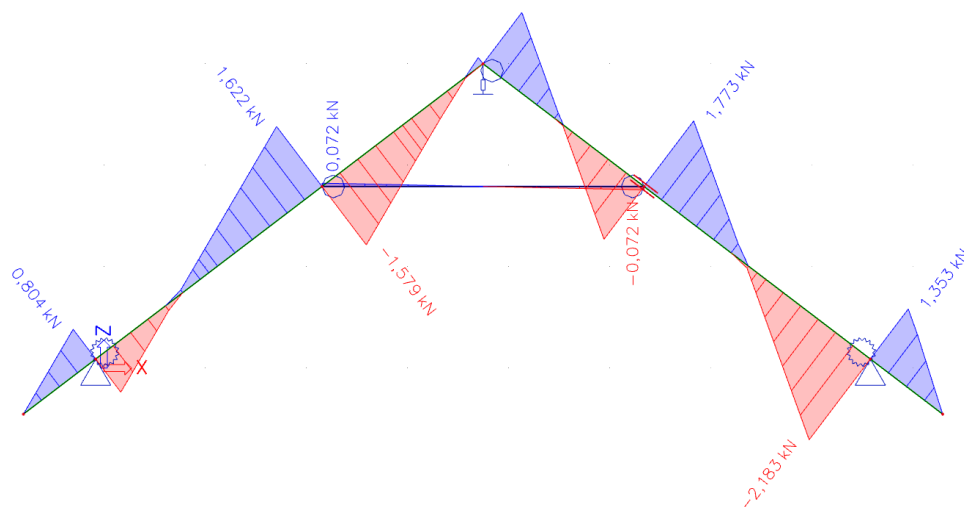
6.5.1. VNITŘNÍ SÍLY A NAPĚTÍ

Pro vnitřní síly byla vybraná shodná rozhodující kombinace jako pro model 2.

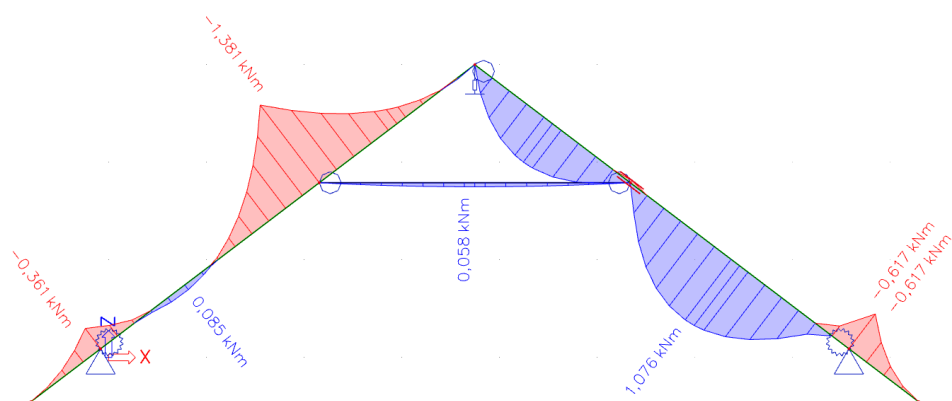
$$C = 1,15 \cdot (ZS1 + ZS2) + 1,50 \cdot ZS15 + 0,90 \cdot ZS20$$



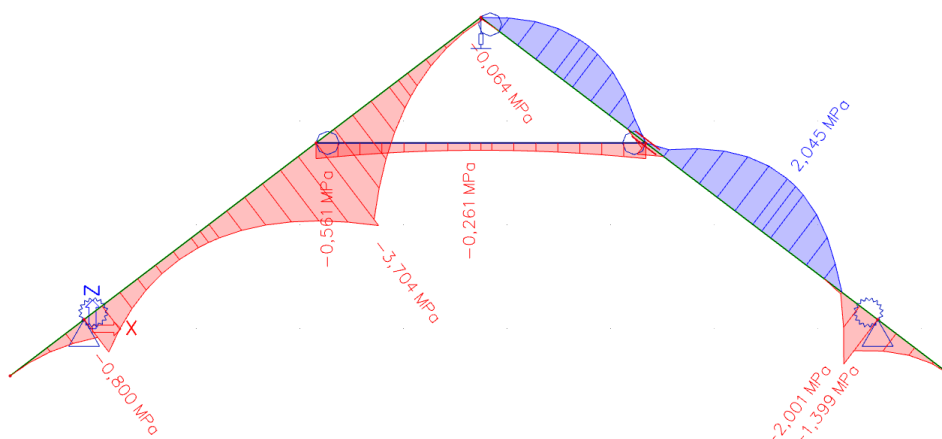
Obrázek 54 – Průběh normálových sil N



Obrázek 55 – Průběh posouvajících sil V_z



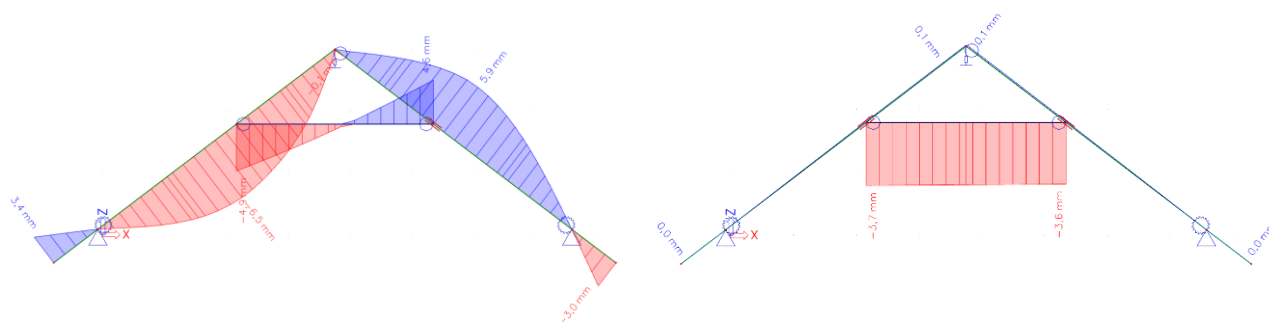
Obrázek 56 – Průběh ohybových momentů M_y



Obrázek 57 – Průběh normálového napětí

6.5.2. DEFORMACE

Hodnoty deformací jsou odpovídající pro kombinaci $C=1,0(ZS1+ZS2)+0,50ZS8+1,0ZS24$.



Obrázek 58 – Deformace u_z – vlevo, u_x – vpravo

6.5.3. POSOUZENÍ – MSÚ

Levá krokev

Krokev se posuzuje v místě spojení s kleštinou.

Tabulka 29 – Výstup ze SCIA Engineer

Vnitřní síly		
NEd	-7,473	kN
Vy,Ed	0,000	kN
Vz,Ed	1,622	kN
TEd	0,000	kNm
My,Ed	-1,381	kNm
Mz,Ed	0,000	kNm

Tabulka 30 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)

$f_{c,0,d}$	14,538	MPa
$f_{m,y,d}$	16,615	MPa
km	0,70	

Jednotkový posudek (6.19) = $0,00 + 0,19 + 0,00 = 0,20$ -

Jednotkový posudek (6.20) = $0,00 + 0,14 + 0,00 = 0,14$ -

VYHOVUJE

Pravá krokve

Posudek v polovině rozpětí.

Tabulka 31 – Výstup ze SCIA Engineer

Vnitřní síly		
N _{Ed}	-8,877	kN
V _{y,Ed}	0,000	kN
V _{z,Ed}	-2,183	kN
T _{Ed}	0,000	kNm
M _{y,Ed}	-0,617	kNm
M _{z,Ed}	0,000	kNm

Tabulka 32 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)

f _{c,0,d}	14,538	MPa
f _{m,y,d}	16,615	MPa
k _m	0,70	

Jednotkový posudek (6.19) = 0,00 + 0,09 + 0,00 = 0,09 -

Jednotkový posudek (6.20) = 0,00 + 0,06 + 0,00 = 0,06 -

VYHOVUJE

Kleština

Kleština se posoudí v jejím středu.

Tabulka 33 – Výstup ze SCIA Engineer

Vnitřní síly		
N _{Ed}	-5,385	kN
V _{y,Ed}	0,000	kN
V _{z,Ed}	0,000	kN
T _{Ed}	0,000	kNm
M _{y,Ed}	0,000	kNm
M _{z,Ed}	0,058	kNm

Tabulka 34 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)

f _{c,0,d}	14,538	MPa
f _{m,z,d}	16,615	MPa
k _m	1,00	

Jednotkový posudek (6.19) = 0,00 + 0,00 + 0,02 = 0,02 -

Jednotkový posudek (6.20) = 0,00 + 0,00 + 0,02 = 0,02 -

VYHOVUJE

6.5.4. POSOUZENÍ – MSP

Tabulka 35 – Výstup ze SCIA Engineer (posouzení MSP)

Dílec	Průřez	dx [m]	Zatěžovací stav	Jedn. posudek [-]
	Materiál		k _{def} [-]	
B1	KROKEV - OBDEL C24 (EN 338)	2,649	MSP/1 0,60	0,67
B2	KROKEV - OBDEL C24 (EN 338)	2,216	MSP/1 0,60	0,62
B3	KLEŠTINY - 2 Obdel C24 (EN 338)	1,592	MSP/1 0,60	0,07

VYHOVUJE

Shrnutí kapitoly

Z výsledků vidíme, že prvky z konstrukcí 2 a 2-2 mají dosti podobné chování. Pro posouzení krokví a klestín by tedy stačilo vymodelovat pouze rovinný případ.

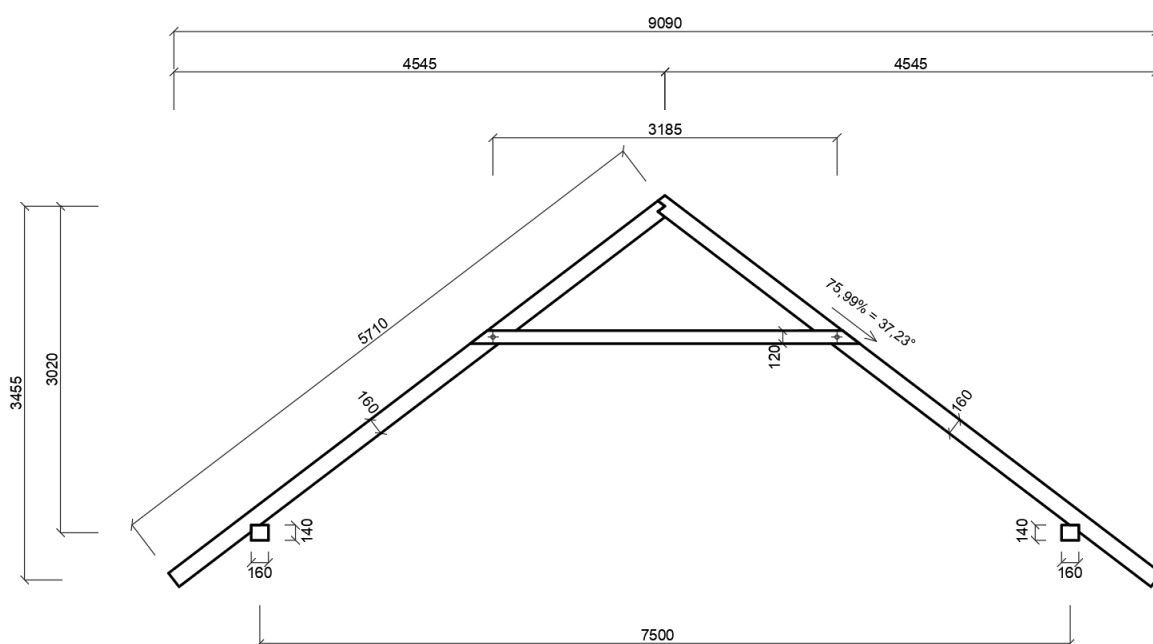
Lze vypořádat, že konstrukce řešená oslabením krokve vyhovuje hůře na posouzení pro mezní stav únosnosti. Uvážením faktu, že tuhá ramena ovlivňují nadpodporové momenty lze říci, že skutečnosti více odpovídá model číslo 2.

7. KROV BEZ VRCHOLOVÉ VAZNICE

Skladba tohoto krovu je v podstatě stejná jako u krovu s vrcholovou vaznicí. Oproti krovu s vrcholovou vaznicí jsou vynechány sloupky, pásy a vrcholové vaznice. Vzhledem k malým rozměrům stavebního objektu slouží model k ověření, zda je v konstrukci vrcholová vaznice potřebná či nikoliv.

7.1. GEOMETRIE JEDNOTLIVÝCH PRVKŮ

Osově vzdálenosti krokví jsou stejné jako u předchozích modelů. Krokve jsou na pozednici uloženy osedláním a každý pár běžných krokví je spojen kloubově. Pozednice s průřezem 160 x 140 mm jsou položeny na plocho. Průřezy ponechaných prvků jsou shodné s průřezy prvků v předchozích modelech.



Obrázek 59 – Geometrie prvků (krov bez vrcholové vaznice)

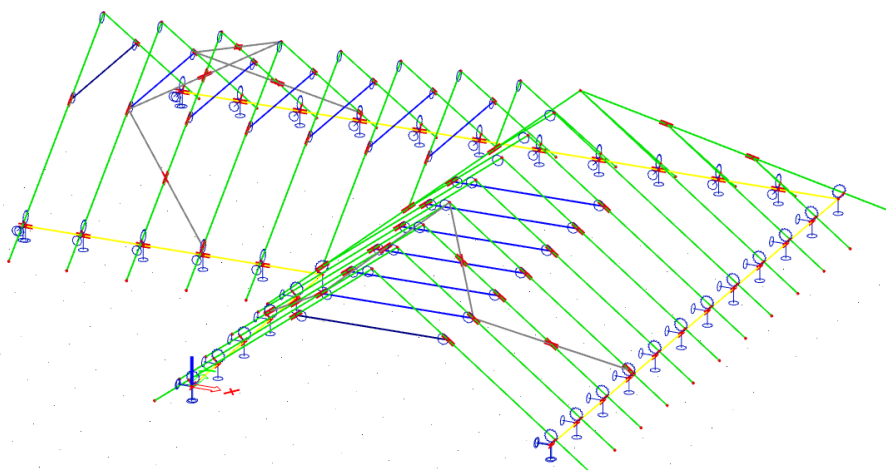
Tabulka 36 – Průřezy a délky prvků (krov bez vrcholové vaznice)

Prvek	Délka [mm]	Průřez [mm]
Běžná krokve	5 710	100 x 160
Nárožní/Úžlabní krokve	7 300	100 x 160
Kleštiny	3 185	40 x 120

7.2. MODEL 3

Zpracovaný model je prostorový. Vzhledem k předchozím výsledkům se nyní již nemodeluje konstrukce, ve které je osedlání krokví na pozednici řešeno oslabením průřezu krokve. Zpracovaný model je uvažován s klouby v místě osedlání krokve, které mají zadanou tuhost proti pootočení f_{iy} .

Z prostorového řešení bude posuzován vždy pátý rám od štitové stěny. Jedná se o rám neoslabený zavětrováním, který je spojený pomocí kleštiny.

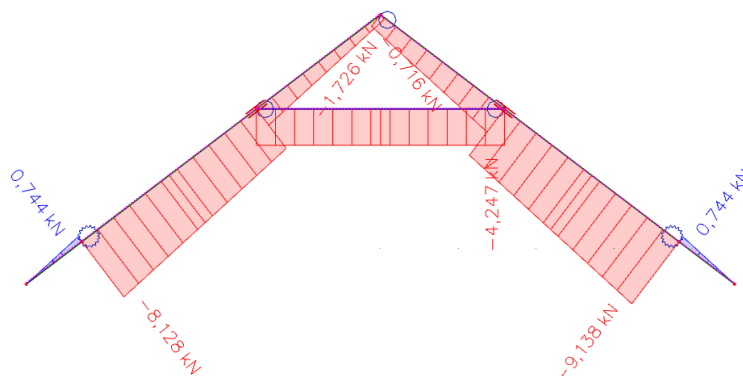


Obrázek 60 – Schéma prostorového modelu č.3

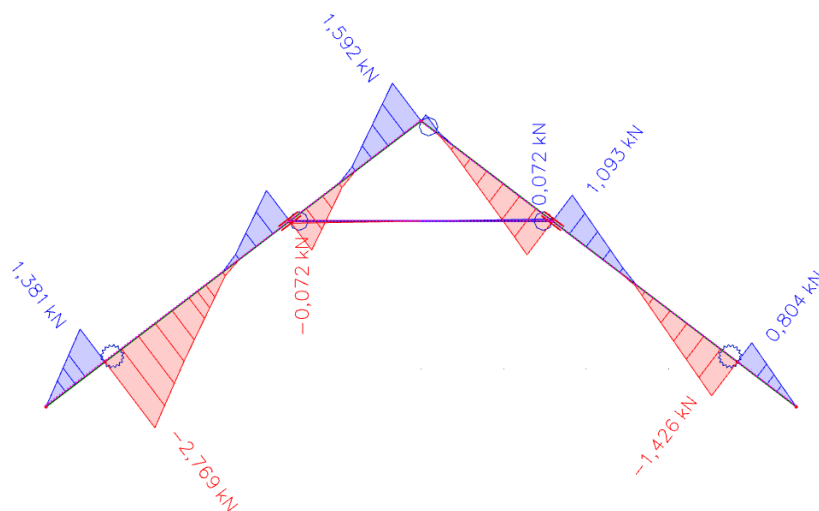
7.2.1. VNITŘNÍ SÍLY A NAPĚTÍ

Pro zjištění vnitřních sil se použila rozhodující kombinace z MSÚ.

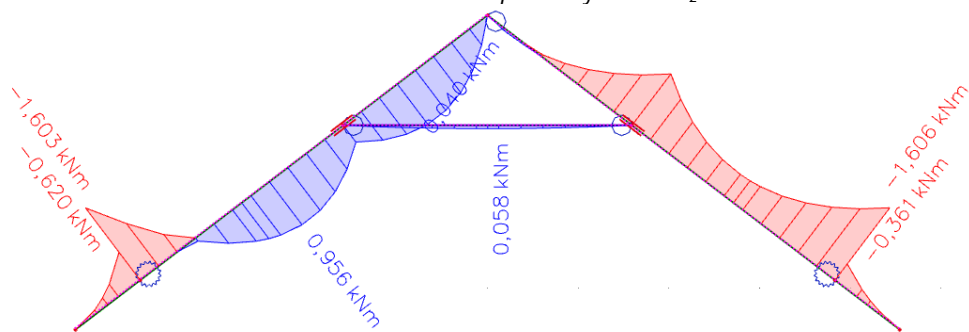
$$C = 1,15 \cdot (ZS1 + ZS2) + 1,50 \cdot ZS3 + 0,90 \cdot ZS24$$



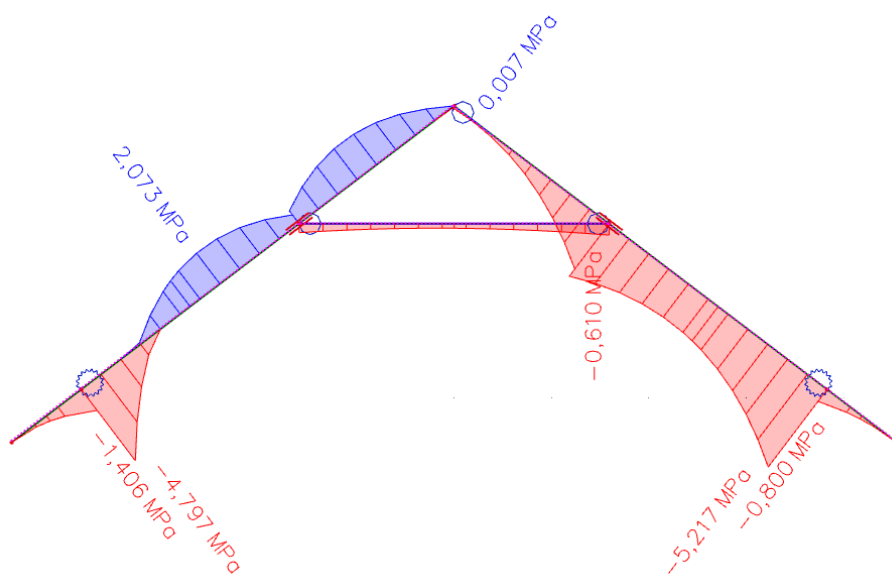
Obrázek 61 – Průběh normálových sil N



Obrázek 62 – Průběh posouvajících sil V_z



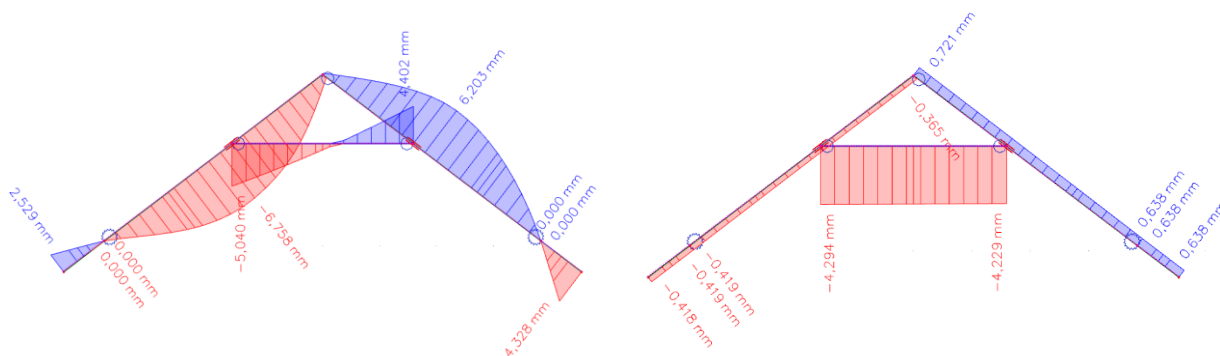
Obrázek 63 – Průběh ohybových momentů M_y



Obrázek 64 – Průběh normálových napětí

7.2.2. DEFORMACE

Pro grafický výstup deformací byla použita kombinace $C = 1,0 \cdot (ZS1 + ZS2) + 0,50 \cdot ZS8 + 1,0 \cdot ZS24$.



Obrázek 65 – Deformace u_z – vlevo, u_x – vpravo

7.2.3. POSOUZENÍ – MSÚ

Levá krokev

Levá i pravá krokev se posoudí v místě neposuvné podpory.

Tabulka 37 – Výstup ze SCIA Engineer

Vnitřní síly		
N _{Ed}	-8,128	kN
V _{y,Ed}	-0,042	kN
V _{z,Ed}	-2,769	kN
T _{Ed}	0,015	kNm
M _{y,Ed}	-1,603	kNm
M _{z,Ed}	-0,142	kNm

Tabulka 38 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)

f _{c,0,d}	14,538	MPa
f _{m,y,d}	16,615	MPa
f _{m,z,d}	18,019	MPa
km	0,70	

Jednotkový posudek (6.19) = $0,00 + 0,23 + 0,02 = 0,25$ -

Jednotkový posudek (6.20) = $0,00 + 0,16 + 0,03 = 0,19$ -

VYHOVUJE

Pravá krokev

Tabulka 39 – Výstup ze SCIA Engineer

Vnitřní síly		
N _{Ed}	-9,138	kN
V _{y,Ed}	-0,042	kN
V _{z,Ed}	-1,426	kN
T _{Ed}	-0,055	kNm
M _{y,Ed}	-1,606	kNm
M _{z,Ed}	-0,235	kNm

Tabulka 40 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)

$f_{c,0,d}$	14,538	MPa
$f_{m,y,d}$	16,615	MPa
$f_{m,z,d}$	18,019	MPa
km	0,70	

Jednotkový posudek (6.19) = $0,00 + 0,23 + 0,03 = 0,26$ -

Jednotkový posudek (6.20) = $0,00 + 0,16 + 0,05 = 0,21$ -

VYHOVUJE

Kleština

K posouzení dojde uprostřed kleštiny.

Tabulka 41 – Výstup ze SCIA Engineer

Vnitřní síly		
NEd	-1,247	kN
Vy,Ed	0,006	kN
Vz,Ed	-0,022	kN
TEd	0,000	kNm
My,Ed	0,057	kNm
Mz,Ed	0,057	kNm

Tabulka 42 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)

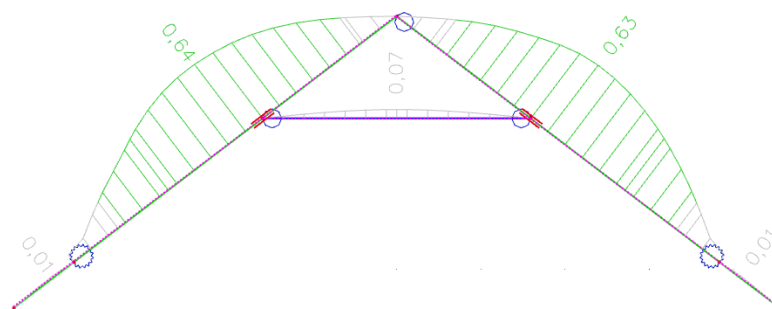
$f_{c,0,d}$	14,538	MPa
$f_{m,y,d}$	16,615	MPa
$f_{m,z,d}$	16,615	MPa
km	1,00	

Jednotkový posudek (6.19) = $0,00 + 0,01 + 0,02 = 0,03$ -

Jednotkový posudek (6.20) = $0,00 + 0,01 + 0,02 = 0,03$ -

VYHOVUJE

7.2.4. POSOUZENÍ – MSP



Obrázek 66 – Výstup ze SCIA Engineer (posouzení MSP)

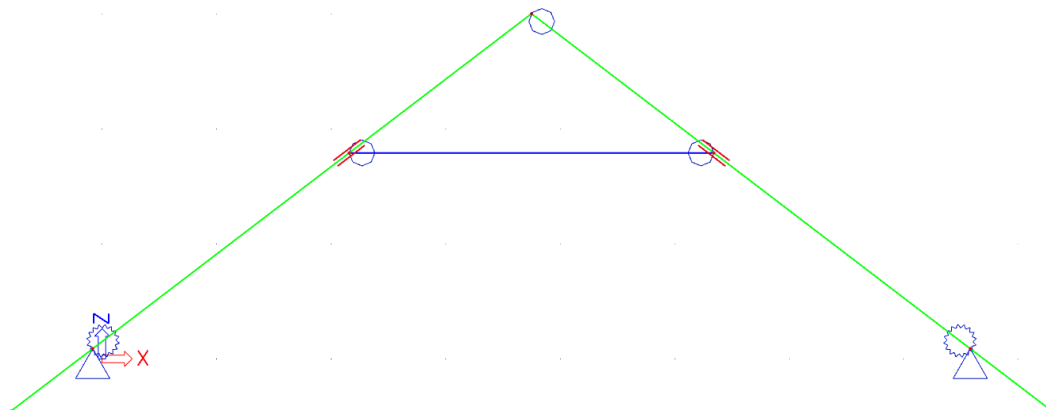
Tabulka 43 – Výstup ze SCIA Engineer (posouzení MSP)

Dílec	Průřez	dx [m]	Zatěžovací stav	Jedn. posudek [-]
	Materiál		k_{def} [-]	
B27	KROKVE - OBDEL C24 (EN 338)	2,256	CO2/1 0,60	0,63
B28	KROKVE - OBDEL C24 (EN 338)	2,256	CO2/1 0,60	0,64
B59	KLEŠTINY - 2 Obdel C24 (EN 338)	1,592	CO2/1 0,60	0,07

VYHOVUJE

7.3. MODEL 3-1

Řešená konstrukce je rovinná. Vychází z modelu číslo 3.

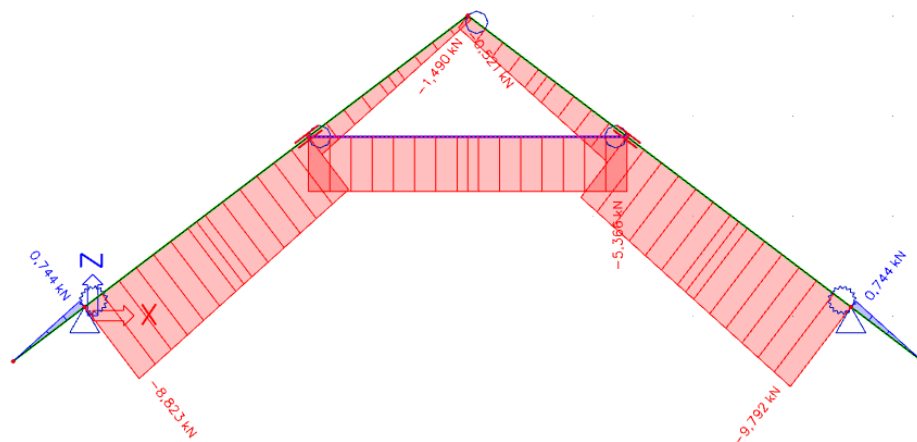


Obrázek 67 – MODEL 3-1 (rovinný)

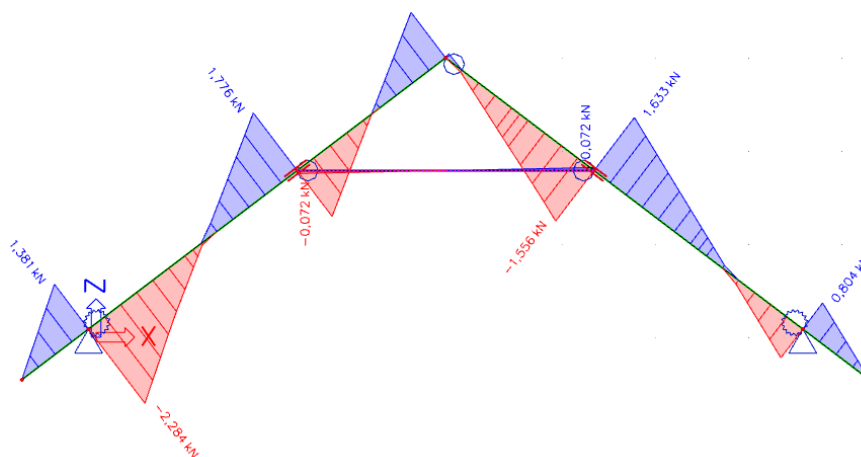
7.3.1. VNITŘNÍ SÍLY A NAPĚTÍ

Kombinace zatížení se uvažuje stejná jako v prostorovém řešení.

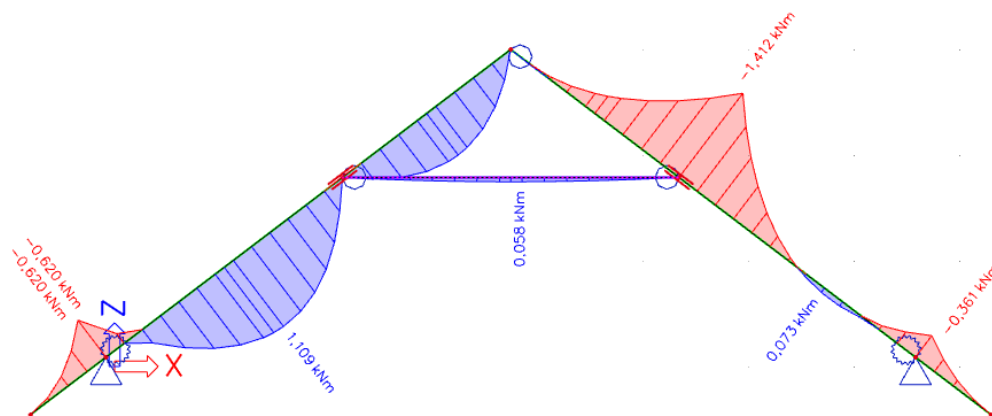
$$C = 1,15 \cdot (ZS1 + ZS2) + 1,50 \cdot ZS3 + 0,90 \cdot ZS24$$



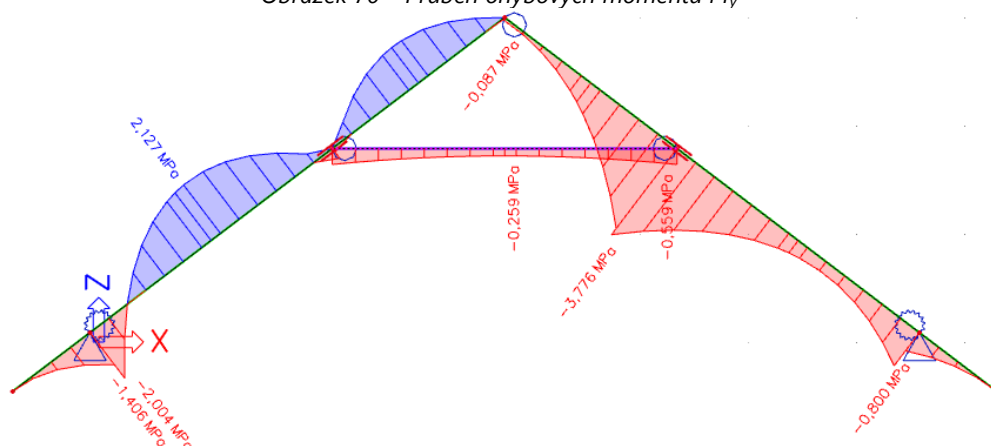
Obrázek 68 – Průběh normálových sil N



Obrázek 69 – Průběh posouvajících sil V_z



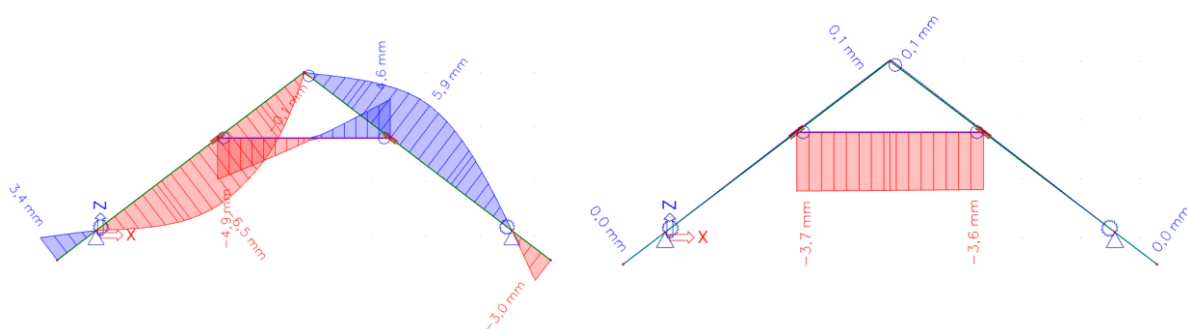
Obrázek 70 – Průběh ohybových momentů M_y



Obrázek 71 – Průběh normálových napětí

7.3.2. DEFORMACE

$$C = 1,0 \cdot (ZS1 + ZS2) + 0,50 \cdot ZS8 + 1,0 \cdot ZS24$$



Obrázek 72 – Deformace u_z – vlevo, u_x – vpravo

7.3.3. POSOUZENÍ – MSÚ

Levá krokev

Krokev je posouzena v řezu $d_x=3,514$ m, což odpovídá místu mezi kloubově připojenou kleštinou a neposuvnou podporou.

Tabulka 44 – Výstup ze SCIA Engineer

Vnitřní síly		
NEd	-7,748	kN
Vy,Ed	0,000	kN
Vz,Ed	-0,354	kN
TEd	0,000	kNm
My,Ed	1,066	kNm
Mz,Ed	0,000	kNm

Tabulka 45 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)

fc,0,d	14,538	MPa
fm,y,d	16,615	MPa
km	0,70	

Jednotkový posudek (6.19) = $0,00 + 0,15 + 0,00 = 0,15$ -

Jednotkový posudek (6.20) = $0,00 + 0,11 + 0,00 = 0,11$ -

VYHOVUJE

Pravá krokev

Zmiňovanou krokev je vhodné posoudit v místě spojení s kleštinou.

Tabulka 46 – Výstup ze SCIA Engineer

Vnitřní síly		
NEd	-7,462	kN
Vy,Ed	0,000	kN
Vz,Ed	1,633	kN
TEd	0,000	kNm
My,Ed	-1,412	kNm
Mz,Ed	0,000	kNm

Tabulka 47 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)

fc,0,d	14,538	MPa
fm,y,d	16,615	MPa
km	0,70	

Jednotkový posudek (6.19) = $0,00 + 0,20 + 0,00 = 0,20$ -

Jednotkový posudek (6.20) = $0,00 + 0,14 + 0,00 = 0,14$ -

VYHOVUJE

Kleština

Posouzení kleštiny se provede v polovině jejího rozpětí.

Tabulka 48 – Výstup ze SCIA Engineer

Vnitřní síly		
N _{Ed}	-5,366	kN
V _{y,Ed}	0,000	kN
V _{z,Ed}	0,000	kN
T _{Ed}	0,000	kNm
M _{y,Ed}	0,000	kNm
M _{z,Ed}	0,058	kNm

Tabulka 49 – Výstup ze SCIA Engineer (posouzení MSP)

f _{c,0,d}	14,538	MPa
f _{m,z,d}	16,615	MPa
k _m	1,00	

Jednotkový posudek (6.19) = 0,00 + 0,00 + 0,02 = 0,02 -

Jednotkový posudek (6.20) = 0,00 + 0,00 + 0,02 = 0,02 -

VYHOVUJE

7.3.4. POSOUZENÍ – MSP

Tabulka 50 – Výstup ze SCIA Engineer (posouzení MSP)

Dílec	Průřez	dx [m]	Zatěžovací stav	Jedn. posudek [-]
	Materiál		k _{def} [-]	
B1	KROKEV - OBDEL C24 (EN 338)	2,649	MSP/1 0,60	0,67
B2	KROKEV - OBDEL C24 (EN 338)	2,216	MSP/1 0,60	0,62

VYHOVUJE

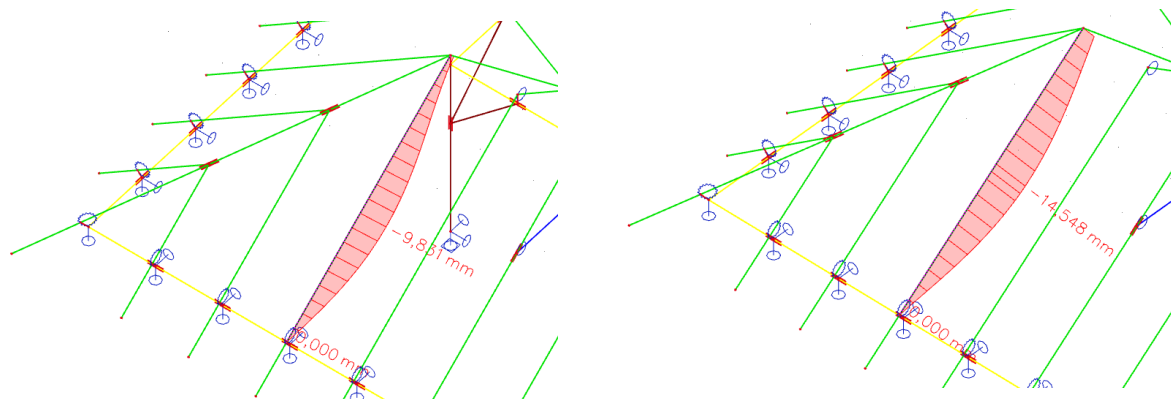
Shrnutí kapitoly

Z prostorového a rovinného řešení lze vypočítat, že se obě konstrukce při stejné rozhodující kombinaci zatížení chovají téměř identicky. Díky tohoto poznatku lze říci, že pro posouzení běžných krokví nebylo nutné modelovat složitější prostorovou konstrukci. Nicméně v případě posuzování prvků, které rovinná konstrukce neobsahuje se tomuto úkolu nevyhneme.

8. POROVNÁNÍ NĚKTERÝCH PRVKŮ KROVU

V této části bakalářské práce budou porovnány některé z prvků prostorových krovů, které doposud nebyly posuzovány.

DLOUHÉ KROKVE BEZ KLEŠTIN



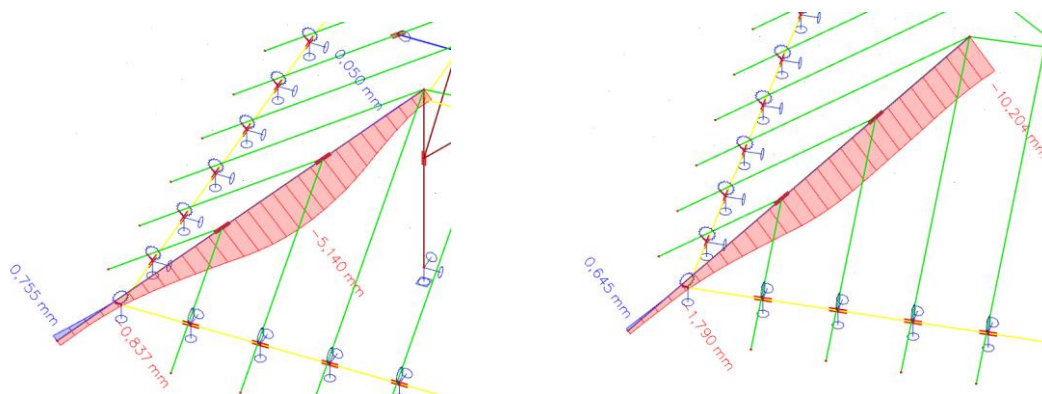
Obrázek 73 – Deformace u_z

Krov s vrcholovou vaznicí – vlevo, krov bez vrcholové vaznice – vpravo

Krov bez vrcholové vaznice

Z grafického výstupu je znát, že má tento krov o 32 % větší deformaci dlouhé krokve bez kleštín než krov s vaznicí. Tento prvek byl posouzen na mezní stav použitelnosti. Jeho využití nabývá hodnoty 94 %. Vzhledem k tomu, že se jedná o dřevěný materiál, kde je rozhodující právě mezní stav použitelnosti, by bylo dobré, kdyby prvek nebyl tolik namáhán.

NÁROŽNÍ KROKVE

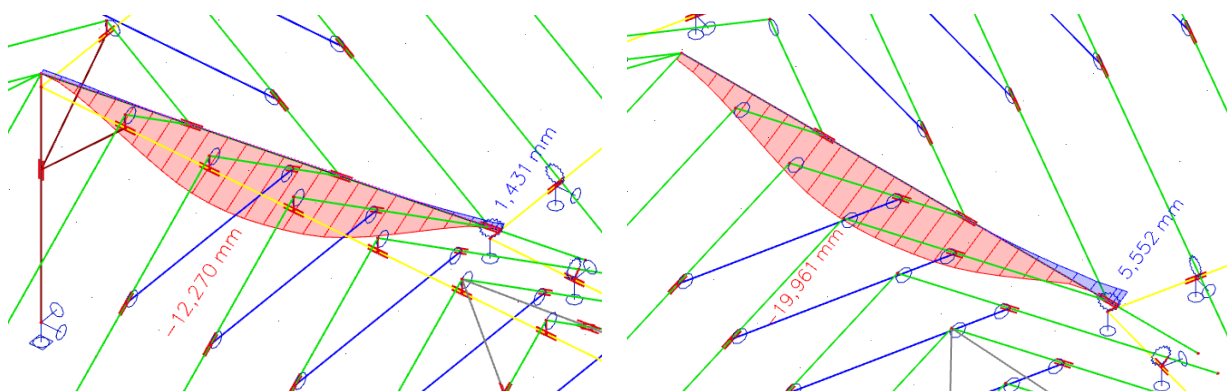


Obrázek 74 – Deformace u_z

Krov s vrcholovou vaznicí – vlevo, krov bez vrcholové vaznice – vpravo

Stejně jako v předchozím případě lze upozorovat u krovu bez vrcholové vaznice větší deformace. Nicméně rozdíl již není tak velký. Dokonce i mezní stav použitelnosti obou konstrukcí je uspokojivý. V případě nárožní krokve by nebylo třeba budovat krov, ve kterém by krokve byly podepřeny vaznicí.

ÚŽLABNÉ KROKVE



Obrázek 75 – Deformace u_z
Krov s vrcholovou vaznicí – vlevo, krov bez vrcholové vaznice – vpravo

Krov bez vrcholové vaznice

Lze vyčíst, že průhyby úžlabných vaznic se zde liší o 39 %. Jedná se o veliký rozdíl v deformacích, proto byla krokev posouzena na mezní stav použitelnosti. Na tento posudek krokev nevyhověla o necelých 30 %. Naproti tomu krokev konstrukce s vrcholovou vaznicí vyhověla, byť je její využití 95 %. Zjistěte by bylo vhodné zvětšit průřez této velmi namáhané krokev, ale taktéž ponechat i konstrukci s vrcholovou vaznicí.

9. ZÁVĚR

Předložená práce zpracovává statickou analýzu fiktivního dřevěného krovu ve více variantách.

V první části se dbalo na pochopení konstrukčních zásad dřevěných krovů a bylo rozebráno vícero typů konstrukcí. Tato práce poskytuje určitý přehled v chování některých používaných typů dřevěných konstrukcí zastřešení. Po poznání, jak by měla vypadat skladba konstrukce, se přešlo k návrhu samotného krovu.

Výpočet zatížení stálého, větrem i sněhem byl proveden dle normy ČSN EN 1991-1-1 části 1-4. Vlastní tíha konstrukce, a kombinace jednotlivých zatěžovacích stavů byly vytvořeny automaticky výše uvedeným výpočtovým programem.

Modely byly vytvořeny ve výpočtovém programu SCIA Engineer 17.1. Zprvu se jednalo pouze o prostorové řešení jednoduché konstrukce krovu. Po zvážení, zda by nestačila pouze rovinná konstrukce, se přistoupilo k porovnání vnitřních sil v jednotlivých řešeních. Vytvořena byla konstrukce krovu s vrcholovou vaznicí v prostorovém i rovinném modelu, dále krov bez vaznice, taktéž prostorový i rovinný.

V hlavní části této práce byly analyzovány nosné prvky vytvořených konstrukcí. Především běžných krokví a kleštín. Provedlo se posouzení na mezní stav únosnosti a použitelnosti pomocí softwaru a v některých případech byly tyto výsledky zkontrolovány jednoduchým ručním výpočtem.

Je důležité si uvědomit, že u dřevěných krovů je zásadní, aby vyhověly s dostatečnou rezervou na mezní stav použitelnosti, neboť zatížení střechy způsobuje průhyby prvků, které na konstrukci mohou setrvat.

Vzhledem k malým půdorysným rozměrům by mohla nastat otázka, zda je konstrukci vůbec nutné modelovat ve složení s vrcholovou vaznicí. Z tohoto důvodu byly v závěru této práce porovnány průhyby některých prvků z různých modelů. Porovnávalo se při stejných kombinacích charakteristických hodnot zatížení. Z výsledků se uvážilo, že i přes malé rozměry střešní konstrukce, by bylo vhodné v systému vrcholovou vaznici ponechat a popřípadě také zvětšit dimenze některých průřezů.

10. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] BILL, Zdeněk a Vladimír ŽDÁRA. *Zastřešení budov*. Praha: Český svaz stavebních inženýrů, 1998. Technická knižnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 80-902460-8-7.
- [2] KOLB, Josef. *Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. 2., aktualiz. vyd. v České republice. Přeložil Bohumil KOŽELOUH. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-4071-3.
- [3] KOPTA, Pavel a Jana JANOUŠKOVÁ. *Šikmé střechy*. Praha: Grada, 2012. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-3484-2.
- [4] KUKLÍK, Petr. *Dřevěné konstrukce*. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2005. Technická knižnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 80-86769-72-0.
- [5] JELÍNEK, Lubomír. *Tesařské konstrukce*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2008. Technická knižnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 978-80-87093-74-0.
- [6] MATĚJKA, Libor. *Pozemní stavitelství III: BH05 – Šikmé a strmé střechy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2005. 321 s.
- [7] JELÍNEK, Lubomír, Petr ČERVENÝ a František ŘÁHA. *Nové krovy*. Praha: pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2017. ISBN 978-80-87438-94-7.
- [8] ČSN EN 1990 (730002) *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2005
- [9] ČSN EN 1991-1-3 (730035) *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, 2005
- [10] ČSN EN 1991-1-4 (730035) *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, 2007
- [11] ČSN EN 1995-1-1 (731701) *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006

11. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Druhy střech	13
Obrázek 2 – Soustavy krovů	16
Obrázek 3 – Schéma prosté krokové soustavy	16
Obrázek 4 – Schémata hambálkové soustavy	17
Obrázek 5 – Konstrukční systém vaznicové soustavy	18
Obrázek 6 – Schéma plných vazeb stojaté stolic	18
Obrázek 7 – Schéma plných vazeb ležatých stolic	19
Obrázek 8 – Schéma plných vazeb kombinovaných stolic	19
Obrázek 9 – Schéma vzpěradel v plných vazbách stojatých stolic	19
Obrázek 10 – Schéma věšadel v plných vazbách ležatých stolic	20
Obrázek 11 – Schéma ležatých stolic bez vazných trámů	20
Obrázek 12 – Vlašské soustavy	21
Obrázek 13 – Průhyb vazby hambálkového krovu	23
Obrázek 14 – Umístění objektu	24
Obrázek 15 – Působení stálého zatížení na konstrukci	25
Obrázek 16 – Mapa sněhových oblastí na území České republiky	26
Obrázek 17 – Plné zatížení sněhem	27
Obrázek 18 – Zatížení sněhem – a) směr větru 1, b) směr větru 2	28
Obrázek 19 – Zatížení sněhem – a) směr větru 3 (možnost A), b) směr větru 4 (možnost A)	28
Obrázek 20 – Zatížení sněhem – a) směr větru 3 (možnost B), b) směr větru 4 (možnost B)	28
Obrázek 21 – Působení zatížení sněhem na konstrukci	28
Obrázek 22 – Mapa větrných oblastí na území České republiky	29
Obrázek 23 – Působení zatížení od větru na konstrukci	29
Obrázek 24 – Zatížení větrem – západní vítr	31
Obrázek 25 – Zatížení větrem – jižní vítr	31
Obrázek 26 – Zatížení větrem – východní vítr	32
Obrázek 27 – Zatížení větrem – severní vítr	32
Obrázek 28 – Geometrie prvků (krov s vrcholovou vaznicí)	39
Obrázek 29 – Řešení osedlání krokve	40
Obrázek 30 – Osedlání krokve v modelech	40
Obrázek 31 – Schéma prostorového modelu č.1	41
Obrázek 32 – Tuhé rameno	41
Obrázek 33 – Průběh normálových sil N	42
Obrázek 34 – Průběh posouvajících sil V_z	42
Obrázek 35 – Průběh ohybových momentů M_y	42
Obrázek 36 – Průběh normálového napětí	43
Obrázek 37 – Deformace u_z – vlevo, u_x – vpravo	43
Obrázek 38 – Výstup ze SCIA Engineer (posouzení MSP)	45

Obrázek 39 – MODEL 1-1 (rovinný).....	46
Obrázek 40 – Průběh normálových sil N	47
Obrázek 41 – Průběh posouvajících sil V_z	47
Obrázek 42 – Průběh ohybových momentů M_y	47
Obrázek 43 – Průběh normálového napětí.....	48
Obrázek 44 – Deformace u_z – vlevo, u_x – vpravo.....	48
Obrázek 45 – Schéma prostorového modelu č.2	52
Obrázek 46 – Tuhost kloubu	52
Obrázek 47 – Průběh normálových sil N	53
Obrázek 48 – Průběh posouvajících sil V_z	53
Obrázek 49 – Průběh ohybových momentů M_y	53
Obrázek 50 – Průběh normálových napětí.....	54
Obrázek 51 – Deformace u_z – vlevo, u_x – vpravo.....	54
Obrázek 52 – Výstup ze SCIA Engineer (MSP).....	56
Obrázek 53 – MODEL 2-1 (rovinný).....	56
Obrázek 54 – Průběh normálových sil N	57
Obrázek 55 – Průběh posouvajících sil V_z	57
Obrázek 56 – Průběh ohybových momentů M_y	57
Obrázek 57 – Průběh normálového napětí.....	58
Obrázek 58 – Deformace u_z – vlevo, u_x – vpravo.....	58
Obrázek 59 – Geometrie prvků (krov bez vrcholové vaznice)	60
Obrázek 60 – Schéma prostorového modelu č.3	61
Obrázek 61 – Průběh normálových sil N	61
Obrázek 62 – Průběh posouvajících sil V_z	62
Obrázek 63 – Průběh ohybových momentů M_y	62
Obrázek 64 – Průběh normálových napětí.....	62
Obrázek 65 – Deformace u_z – vlevo, u_x – vpravo.....	63
Obrázek 66 – Výstup ze SCIA Engineer (posouzení MSP).....	64
Obrázek 67 – MODEL 3-1 (rovinný).....	65
Obrázek 68 – Průběh normálových sil N	65
Obrázek 69 – Průběh posouvajících sil V_z	65
Obrázek 70 – Průběh ohybových momentů M_y	66
Obrázek 71 – Průběh normálových napětí.....	66
Obrázek 72 – Deformace u_z – vlevo, u_x – vpravo.....	66
Obrázek 73 – Deformace u_z	69
Obrázek 74 – Deformace u_z	69
Obrázek 75 – Deformace u_z	70

12. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Skladba střešního pláště	25
Tabulka 2 – Vstupní hodnoty pro výpočet zatížení sněhem	27
Tabulka 3 – Vstupní hodnoty pro výpočet zatížení větrem	30
Tabulka 4 – Stálé zatížení	33
Tabulka 5 – Proměnné zatížení (sníh)	33
Tabulka 6 – Proměnné zatížení (vítr)	33
Tabulka 7 – Hodnoty součinitelů	34
Tabulka 8 – Materiálové vlastnosti rostlého dřeva pevnosti C24 (charakteristické hodnoty)	35
Tabulka 9 – Návrhové materiálové charakteristiky	35
Tabulka 10 – Průřezy a délky prvků (krov s vrcholovou vaznicí).....	40
Tabulka 11 – Výstup ze SCIA Engineer	43
Tabulka 12 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)	44
Tabulka 13 – Výstup ze SCIA Engineer	44
Tabulka 14 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)	44
Tabulka 15 – Výstup ze SCIA Engineer	45
Tabulka 16 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)	45
Tabulka 17 – Výstup ze SCIA Engineer	48
Tabulka 18 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)	49
Tabulka 19 – Výstup ze SCIA Engineer	49
Tabulka 20 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)	49
Tabulka 21 – Výstup ze SCIA Engineer (posouzení MSP)	50
Tabulka 22 – Mezní hodnoty průhybů [11].....	51
Tabulka 23 – Výstup ze SCIA Engineer	54
Tabulka 24 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)	55
Tabulka 25 – Výstup ze SCIA Engineer	55
Tabulka 26 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)	55
Tabulka 27 – Výstup ze SCIA Engineer	55
Tabulka 28 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)	55
Tabulka 29 – Výstup ze SCIA Engineer	58
Tabulka 30 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)	58
Tabulka 31 – Výstup ze SCIA Engineer	59
Tabulka 32 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)	59
Tabulka 33 – Výstup ze SCIA Engineer	59
Tabulka 34 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)	59
Tabulka 35 – Výstup ze SCIA Engineer (posouzení MSP)	59
Tabulka 36 – Průřezy a délky prvků (krov bez vrcholové vaznice)	61
Tabulka 37 – Výstup ze SCIA Engineer	63
Tabulka 38 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)	63



Tabulka 39 – Výstup ze SCIA Engineer	63
Tabulka 40 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)	64
Tabulka 41 – Výstup ze SCIA Engineer	64
Tabulka 42 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)	64
Tabulka 43 – Výstup ze SCIA Engineer (posouzení MSP)	64
Tabulka 44 – Výstup ze SCIA Engineer	67
Tabulka 45 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)	67
Tabulka 46 – Výstup ze SCIA Engineer	67
Tabulka 47 – Výstup ze SCIA Engineer (kombinovaný ohyb a osový tlak)	67
Tabulka 48 – Výstup ze SCIA Engineer	68
Tabulka 49 – Výstup ze SCIA Engineer (posouzení MSP)	68
Tabulka 50 – Výstup ze SCIA Engineer (posouzení MSP)	68